



大众纺织技术史

○ 赵翰生 邢声远 田方 著

“十二五”国家重点图书出版规划项目

中国科学院自然科学史研究所 策划

丛书主编 郭书春



山东科学技术出版社
www.lkj.com.cn

责任编辑 王洪胜 邱赛琳
装帧设计 魏 然 李玉颖

- | | |
|-----------|-----------|
| 《大众数学史》 | 《大众医学史》 |
| 《大众物理学史》 | 《大众农学史》 |
| 《大众化学化工史》 | 《大众建筑史》 |
| 《大众天文学史》 | 《大众机械技术史》 |
| 《大众地学史》 | 《大众纺织技术史》 |
| 《大众生物学史》 | 《大众军事技术史》 |

读史使人明智，科学使人深刻。科学技术史既蕴含着科技知识，又充满了人的故事。《大众科学技术史丛书》由科技史专家撰写，面向大众读者；兼顾知识与方法，融汇科技与人文；再现发现发明，倡导向真务实；推动文明进步，助力民族复兴。

ISBN 978-7-5331-7662-4



定价: 30.00元

大众纺织技术史



○ 赵翰生 邢声远 田方 著

“十二五”国家重点图书出版规划项目
中国科学院自然科学史研究所 策划
丛书主编 郭书春

图书在版编目(CIP)数据

大众纺织技术史/赵翰生,邢声远,田方著. — 济南:山东科学技术出版社,2015

(大众科学技术史丛书)

ISBN 978-7-5331-7662-4

I. ①大… II. ①赵… ②邢… ③田… III. ①纺织工业—技术史—世界—普及读物 IV. ①TS1-091

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 292384 号

大众科学技术史丛书

大众纺织技术史

赵翰生 邢声远 田方 著

出版者:山东科学技术出版社

地址:济南市玉函路 16 号

邮编:250002 电话:(0531)82098088

网址:www.lkj.com.cn

电子邮件:sdkj@sdpress.com.cn

发行者:山东科学技术出版社

地址:济南市玉函路 16 号

邮编:250002 电话:(0531)82098071

印刷者:山东德州新华印务有限责任公司

地址:德州经济开发区晶华大道 2306 号

邮编:253074 电话:(0534)2671209

开本:720mm×1000mm 1/16

印张:16.75

版次:2015 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

ISBN 978-7-5331-7662-4

定价:30.00 元

《大众科学技术史丛书》

编 委 会

主 编 郭书春

编 委 (按姓名拼音为序)

白 欣 柏 芸 曹幸穗 陈宝国

郭书春 刘 珂 刘树勇 刘献军

茅 昱 孟 君 潘丽云 沈玉枝

史晓雷 王玉民 韦中燊 邢声远

颜宜葳 杨 静 游战洪 张大庆

赵翰生 周嘉华 周文臣

英国哲学家培根说,读史使人明智,科学使人深刻。科学技术史图书可以给读者提供一举数得的精神食粮,而科学技术史的普及读物对社会的影响常常比专著还要大。了解科学技术进步的历史不仅有利于掌握知识,更有利于认识科技发展的规律,学会科学发现和技术发明的方法,提高国民特别是青少年学生的素质。因此,向读者提供高质量的科学技术史普及读物,是科学技术史学者和出版机构责无旁贷的使命。

为了充分利用科学技术史传播科学知识,弘扬科学精神,培养青少年学科学、爱科学的良好素质,学术界有必要撰写系统阐述科学技术不同学科发展历史的普及读物。为此,中国科学院自然科学史研究所与山东科学技术出版社商定合作撰写、出版一套《大众科学技术史丛书》。该课题得到有关部门的大力支持,并列入《“十二五”国家重点图书、音像、电子出版物出版规划》增补项目。

本丛书展现历史上的科学技术知识以及科学技术专家的生平、科学活动和科学思想,兼具科学性和人文性,反映科学技术发展与人文思想演进的关系。本丛书力求具有科学性、系统性和通俗可读性。

所谓科学性就是科学准确地表述各学科史的内容,并尽可能汲取最新的研究成果。各册所述内容必须是学术界公认的,经得起时间考验的。对学术界尚有争论的内容,或者以一家为主,兼及别家,或者并列诸家之说。主要学术观点力求有原始文献或转引自权威著作的文献作依据,避免粗制滥造、以讹传讹。

所谓系统性一方面指在书目设置上既有基础学科,又有应用学科,覆盖数学、

物理学、化学化工、天文学、地学、生物学、医学、农学、建筑、机械技术、纺织技术、军事技术等科学技术史的各个主要分支学科；另一方面指每一学科的篇章设置能够涵盖该学科的重要成就、著作和科学家、重大事件和科学技术机构等，要使读者能够比较完整地、了解该学科由低到高的不同发展阶段及其在不同文化传统中的特点。

所谓通俗可读性就是既要使用规范的汉语语言和标准汉字，又要做到通俗易懂，雅俗共赏，老少咸宜。在确保科学性的同时，要尽量采用便于大众理解的表述方式，并对历史上出现的、今天已经不再使用的重要术语用现代术语加以解释。

我们希望，广大读者特别是青少年学生通过本丛书既可以领略科学技术的严谨，又能理解它们对经济和社会发展的巨大作用，受到科学精神的熏陶，激发对科学技术的兴趣，树立钻研科学技术的志向。

本丛书各分册的作者都是科学技术史学科有较深造诣的专家，有的是学科的领军人物，有的是成绩突出的中青年骨干。当然，任何工作都是阶段性的，每位学者的知识都有局限性，即使是术有专攻的专家也不例外，因此本丛书也可能有明显的疏漏和错误之处，恳请读者们不吝赐教，以便再版时修正。

中国科学院自然科学史研究所所长、研究员

张柏春

Preface 前言

纺织生产技术是世界各族人民长期从事创造性劳动经验积累的产物,世界三大文明发祥地对发展纺织技术都做出了历史性的突出贡献。纺织技术在历史上经历了两次重大的突破:第一次是手工机械化,即手工纺织机器的全面形成,这一次突破约在公元前 500 年开始于中国,经历了 1000 年左右逐渐普及到世界各地;第二次是大工业化生产,就是在完善的纺织工作机构发明后开始的近代工厂体系的形成。纺织成为工业革命的领头行业,大约在 18 世纪下半叶发生在西欧的一些国家,推广的速度显然要比第一次快得多,大约经历了 100 多年的时间。从 20 世纪下半叶开始,一些发达的资本主义国家的纺织工业开始衰退,第三世界的发展中国家的纺织工业则逐渐开始兴起,至今方兴未艾。

中国历史悠久,是文明古国,也是世界上最早生产纺织品的国家之一。早在 7000 年前的原始社会,人们就已经开始采集野生的葛、麻、蚕丝等,并利用猎获的鸟兽毛羽,进行搓、绩、织的方法制成粗陋的衣服,用以取代蔽体、防暑、御寒的草叶和兽皮。在原始社会的后期,随着农、牧业的发展,逐步学会了种麻索缕、养羊取毛和育蚕抽丝等人工生产纺织原料的方法,并且利用了较多的工具,使劳动生产率有了较大的提高。在人类历史发展的长河中,我国的纺织业曾给人们留下许多美好的传说和辉煌的历史。丝绸之路更是闻名遐迩,成为中国古代纺织业辉煌历史的佐证。改革开放以来,我国纺织业进入了历史上发展最快的时期,纺织与

服装的生产量长期位居世界首位,成为举世瞩目的纺织服装生产大国,纺织技术在世界纺织业中也占有一席之地,为世界纺织服装市场的发展和世界人民的衣着做出了重要的贡献。

为了系统地总结纺织业在世界历史上的发展过程的概貌,以满足广大纺织技术爱好者对纺织技术历史的了解,我们坚持历史性、科学性、知识性、资料性与信息性于一体的原则,努力做到由浅入深、图文并茂,以增加可读性。作为一种探索和尝试,我们不揣冒昧地编写了这本小册子,以飨广大读者。

由于本书涉及的内容比较广泛,时间跨度大,资料来源有限,加上作者的水平 and 经验有限,书中难免有疏漏和不足之处,敬请行业内的专家、学者和广大读者批评指正,不胜感谢!

本书由中国科学院自然科学史研究所赵翰生、北京联合大学邢声远、北京电子科技职业学院田方三人共同编著。在编写过程中得到了纺织业从业人员邢宇新、马雅芳、耿小刚、殷娜和邢宇东的大力帮助。在此,一并表示感谢。

著者

Contents 目录

上篇 史前至 18 世纪的纺织技术

一、概述	2
二、主要纺织原料及制取技术	6
(一) 蚕丝纤维的起源、制取及传播	6
1. 蚕丝纤维的起源	6
2. 蚕丝纤维的制取	9
3. 丝绸及其技艺的外传	11
(二) 动物毛纤维的利用及制取	15
1. 动物毛纤维的种类	15
2. 羊毛纤维的制取	17
(三) 植物纤维的种类及制取	20
1. 植物纤维的种类	20
2. 麻纤维的制取	23
3. 棉纤维的制取	25
三、缫、纺机具	30
(一) 缫丝机具	30
(二) 纺纱机具	33
1. 纺坠	33

2. 手摇纺车和脚踏纺车	34
3. 多锭大纺车	37
4. 大型丝纺车	40
5. 珍妮纺纱机	41
6. 欧洲水力纺纱机	43
四、织造机具	46
(一)原始织机	46
(二)踏板织机	48
(三)立织机	49
(四)多综多蹻纹织机	51
(五)花楼提花机	52
(六)飞梭装置的发明	56
(七)自动提花机的发明	57
(八)动力织布机的应用	58
(九)络纱和整经机具	60
五、染整工艺技术	64
(一)精练技术	64
1. 丝的精练	64
2. 麻的精练	68
3. 棉的精练	70
(二)染色技术	71
1. 矿物颜料	71
2. 植物染料	75
3. 石染和草染	83
(三)印花技术	89
1. 型版印花	89
2. 蜡缬和绞缬	95
(四)后整理技术	98
1. 平挺整理	99
2. 研光整理	100
3. 涂层整理	101

六、古代丝织品	103
(一)绢类织物	103
(二)纱罗类织物	105
(三)綾类织物	106
(四)缎类织物	108
(五)绒类织物	111
(六)锦类织物	114
(七)缣丝	117

下篇 19、20 世纪的纺织技术

一、概述	121
二、纤维的种类	123
(一)天然纤维	123
1. 植物纤维	123
2. 动物纤维	131
(二)化学纤维	138
三、纺纱技术	146
(一)前纺技术	147
1. 清梳联合机	147
2. 自调匀整装置	149
(二)成纱技术	152
1. 转杯纺纱(气流纺纱)	152
2. 自捻纺纱	154
3. 涡流纺纱	156
4. 喷气纺纱	160
5. 摩擦纺纱(尘笼纺纱)	162
6. 赛络纺纱	165
7. 平行纺纱	166
8. 静电纺纱	168
9. 轴向纺纱	169

10. 赛络菲尔纺	170
11. 缆型纺	171
12. 紧密纺	171
(三) 后纺技术	172
1. 全自动络筒机	173
2. 电子清纱器	174
3. 纱线捻接器	175
4. 倍捻机	176
四、机织技术	178
(一) 织前准备	179
1. 浆纱机	179
2. 自动接经机	179
3. 自动穿经机	180
(二) 传统织机技术的发展	180
1. 自动织机	180
2. 双层起绒织机	181
3. 自动换纤织机	181
4. 挖花织机	181
5. 自动换梭织机	182
6. 电子提花织机	182
(三) 新型织造技术	183
1. 剑杆织机	183
2. 片梭织机	184
3. 喷气织机	186
4. 喷水织机	187
5. 多梭口织机	188
6. 三向织机	190
7. 织编机	191
五、针织技术	192
(一) 无针编织技术	192
(二) 可编织长短线圈的针织圆机	194

(三)电子选针圆纬机·····	195
(四)电脑横机·····	197
(五)一步法成型的电脑袜机·····	198
(六)“织可穿”的毛衣一步法成衣·····	199
(七)三维编织机·····	200
(八)无机头电脑横机·····	202
(九)多轴向经编机·····	203
六、非织造布技术 ·····	204
七、纺织品 ·····	212
(一)纱线产品·····	212
1. 花色纱线·····	213
2. 花式纱线·····	213
3. 变形纱线·····	215
4. 弹力纱线·····	217
(二)织物产品·····	217
1. 棉织物产品·····	218
2. 丝织物产品·····	218
3. 毛、麻织物产品·····	219
4. 针织产品·····	219
(三)生态纺织品·····	220
八、染整技术 ·····	222
(一)人工合成染料·····	222
(二)染色技术·····	224
1. 超声波染色·····	224
2. 贵金属超微粒子染色·····	225
3. 微波染色·····	226
4. 超临界二氧化碳流体染色·····	227
5. 磁性染色·····	228
(三)印花·····	229
1. 滚筒印花·····	229
2. 全自动平网印花·····	229

3. 转移印花	230
4. 印花复印机	231
5. 喷墨印花	232
6. 发泡立体印花	233
(四) 计算机在印染行业中的应用技术	234
1. 电子分色制版技术	234
2. 计算机测色配色系统	235
(五) 后整理技术	237
1. 纯棉织物免烫整理	237
2. 丝光整理	238
3. 织物阻燃整理	239
4. 抗菌防臭整理	239
5. 涤纶仿真丝绸碱减量整理	239
6. 涂层整理	240
7. 丝绸砂洗整理	241
九、服装加工技术	243
(一) 电脑缝制机械	243
(二) 服装 CAD 系统	248
(三) 计算机辅助人体测量技术(CAT)	249
(四) 排料裁剪的服装计算机辅助制造系统(CAM)	250
(五) 一步成衣法技术	250
(六) 立体熨烫	251
参考文献	253



上 篇

史前至 18 世纪 的纺织技术



一、概述



在 18 世纪之前,中国古代织染技术一直处于世界领先地位,有很多织染工艺都是在中国最先出现的,故本篇在阐述各道工序和工艺技术时以中国为主,对国外出现的技术只选择一些重要的予以介绍。

纺织技术是由原料加工、纺纱、织造、印染、整理等一整套加工工序构成的,其中,原料加工包括采集、清洗等,纺纱包括加捻、牵伸、并线、络纱等,织造包括整经、织作等,印染包括涂绘、涂印、染色等,整理包括熨烫、涂层、研光等,每一道加工工序都有与之相匹配的工艺和机具。这些工艺和机具,是人类经过长时间的生产实践,从无到有,从简单至复杂,逐步积累和完善出来的。总的来说,纺织技术在发展过程中经历了三个阶段:首先是原始纺织阶段,纤维加工虽已广泛采用简单的工具,但这些工具尚不具备传动结构,都是靠人手来完成动作,而且未形成体系;其次是手工纺织机器全面形成和完善阶段,始于约公元前 500 年的中国,后经历 10 多个世纪逐渐普及到世界各地;第三个阶段是工业化大生产阶段,即在完善的纺织机构发明后,近代工厂体系形成,发生在 18 世纪下半叶的欧洲,推广的速度比第一次快,但也经历了一个世纪。

根据考古资料,在旧石器时代早期,还没有出现纺织,只呈现出一些纺织因素的萌芽。人们为防寒、御晒、蔽体之需,对野生纤维进行简单地劈、绩、搓、编。选用的原料都是就地采集的一些可以利用的野生植物纤维和可能得到的各种动物毛毳。选择某种植物纤维或动物毛毳,常常是因为容易得到,而不是因为更适合。搓合、编结时也基本不用工具或是仅利用极简单的石制工具,加工出的产品极其粗糙。到旧石器时代晚期,人类已能用兽皮缝制衣服,例如,在欧洲南部,曾发现旧石器时代制作的非常精细的骨针,在北京周口店山顶洞人遗址中,也曾发现一枚保存基本完好的精细骨针。如此精细的骨针在不同地域出现,难免让我们有当时人类或许已不仅用植物纤维制作弓弦和捆绑燧石矛头,还用植物纤维缝合东西的假想。如果确实是这样,把纤维搓捻成线的纺纱技巧想必在那个阶段就已被总

结出来。在新石器时代,出现了原始的纺织技术。当时人们蔽体使用的原料虽然仍是野生动植物纤维,但不同地域的人们已逐渐集中选用少数具有良好纺织特性的动植物品种,如在距今约 7000 年的埃及法犹姆和拜达里遗址发掘出的纺织品残片,被认为是现今保存下来的最早的亚麻织品。法犹姆发掘出的残片,经纬线均为双股 S 捻,经线为每英寸 20~25 根,纬线为每英寸 25~30 根。拜达里遗址发掘出的纺织品残片数量很多,经检验,所用纤维类似于粗亚麻,经纬线也均为双股 S 捻,经线为每英寸 22~34 根,纬线为每英寸 20~22 根,所有碎片尽管呈松散状,但都织制得很规则,而且一块碎片上有真正的织边,证明纬纱经过了有规律的来回穿梭。在中国浙江余姚县河姆渡一处 7000 年以前的规模相当大的新石器时代文化遗址中,发现一些苎麻绳和苘麻绳以及由一些无法详细鉴定其科属的野生植物纤维制成的绳头和草绳。在距今 4700 年左右的中国浙江省钱山漾新石器时代遗址中出土过丝、麻织品。在距今 5000 年时印度就开始用棉纤维纺线。此时,加工纤维已广泛采用简单的工具,如纺坠、引纬器等,能用简单的机具进行织布,并且开始尝试用不同色彩、不同图案的织物来表达自己的爱好、思想以及社会地位。例如,20 世纪 70 年代,中国河北磁山文化遗址出土了陶纺轮,中国浙江余姚河姆渡新石器时代遗址发掘出土了原始腰机的部件,埃及公元前 4400 年的古墓中出土了卧式织机的图绘,中国河南荥阳青台村一处仰韶文化遗址出土了浅绛色罗织品。

约在公元前 500—公元 900 年间,手工纺织生产和技术得到迅速发展,在各个方面都有一些质的变化和突破性进展。以中国为例,在此期间,纺车取代纺坠成为主要的纺纱工具,并从手摇单锭发展到手摇多锭,再发展到脚踏多锭。织造工艺从以前用腰机织布、手工提花和挑花,发展为利用机器提花;从经线显花发展为纬线显花;发明了起绒、绉织等技术。织造机具方面,普及和完善了斜织机、多综多踞纹织机、束综提花机和罗织机等织机。织物组织则在熟练应用平纹及其变化组织、斜纹及其变化组织、经纬重组织、绞经组织、提花组织的基础上,衍生出了缎纹组织,使现代织物组织学上所谓的三原组织全部出现。印染技术也在用料、工艺方法以及规模等诸方面都有了质的变化和提高。例如,染料除继续应用原来已有的矿物颜料和植物染料外,还发掘出许多新的更好的上染原料,并总结出一些矿物颜料的化学制取方法和一些植物染料的制取储存方法;套染、媒染、防染等技术在各地广泛应用;印花型版刻制得日趋精细,印浆换代更新,先后出现了蜡缬、夹缬和贴金的印花方法;色谱范围从几十种扩展到几百种,印染出的织物色彩更加丰富。

在公元 900—1700 年间,手工纺织技术日臻成熟,在世界上很多地方都成为社会生产的主要行业。还是以中国为例,其时,纤维培育、加工、纺、织、染等全套纺织工艺已非常完善,多种手工纺织机具相继问世,并配套成具有复杂传动结构的机械体系。纺织技术的进步表现在各个方面:原料和加工方面,大麻、苧麻、葛藤、蚕丝成为主要纺织原料,植物纤维加工已普遍采用沤渍和水煮;缫丝方面,建立了煮茧、索绪、集绪和络丝、并丝、加捻等一整套缫丝工艺,并使用效率非常高的缫车;纺纱方面,既有结构简单的纺车,也有结构复杂的多至几十个锭子的大纺车;织造方面,不仅有具备杼、轴、综、躡、机架等部件、结构相对较简单的织机,也有部件达到几百个的大型复杂的提花机;印染方面,印染技术逐渐形成完整的工艺体系,而且在官办纺织手工业中,对染料的生产、加工以及各种染色工艺都有一定的规范标准,已能满足社会对服装美化及服用性能方面明确具体的要求;织品和织纹方面,品种大增,仅丝织物品种就有绡、纱、縠、縠、纨、绉、罗、绒、锦、縠丝等数十种,有些织物不仅具有实用价值,还兼具艺术性。

18 世纪时,手工纺织开始向动力机器纺织转变。1733 年,英国发明家约翰·凯伊发明了飞梭。这项发明使一个人可以织任意宽度的布,织造的速度也显著提高。1738 年,英国人保罗设计出动力纺纱机。尽管保罗的机器在生产中不是很成功,但它的价值体现在后来根据它的原理制造出了第一台令人满意的纺织机。1745 年,经营时钟和自动装置的法国机械工匠沃康松制成织布机模型,接着在这一年制造出最早不用辅助工的纺织机械装置的雏形。虽然用于开孔的圆筒选择纬线的做法并没有改变历来不完备的纺织装置,但是经针通过与丝端相连的皮绳而上下运动的机构,则完全是他的发明,其后的提花织机原封不动地使用了这种机构。1764 年,英国纺织工匠哈格里夫斯制成以他女儿珍妮的名字命名的纺纱机。这种纺纱机装有 8 个锭子,以罗拉喂入纤维条,适用于棉、毛、麻纤维纺纱。1775 年,英国人克雷恩发明了第一台单梳栉钩针经编机。1779 年,英国发明家克朗普顿研制成功一种铁木结构的走锭纺纱机,这种机器兼具珍妮纺纱机和翼锭式罗拉纺纱机的特点,一个工人可以同时看管 1 000 个锭子。直到 20 世纪 50 年代,这种机器才逐渐被环锭纺纱机所取代。1780 年,苏格兰人贝尔发明辊筒印花机。1785 年,第一台六套色辊筒印花机在英国纺织业中心兰开夏安装使用。这种印花机可代替 40 个凸版印花工人的操作,不仅使劳动生产率大幅度提高,而且为机器印花开辟了新的途径。迄今为止,辊筒印花仍属主要印花方法之一。1785 年,英国发明家卡特莱特制成一台能完成开口、投梭、卷布三个基本动作的动力织机。由于卡特莱特缺乏纺织的实际知识,他研制的织机存在很多缺点,后经别人改进

才臻于完善。这种织机为织机自动化奠定了最初的基础。1793年,美国发明家、机械工程师和制造商惠特尼根据美国棉籽特点,吸收欧洲经验,发明了轧棉机,顺利地解决了美棉棉籽和棉花分离的难题。这个轧棉机发明之后,一个劳动力一天分离的棉花比以前几个月都多,打破了阻碍当时美国植棉业生产发展的瓶颈,使美国植棉业迅速地成长为一个巨大的产业。今天被称作轧棉机的装置,虽可一并完成干燥、清棉、打包等工序,但惠特尼发明的方法仍是其中的一个步骤。1876年,洛德创造出有成卷机构的清棉机,为后来开清机械的发展奠定了基础。1799年,贾卡综合前人的革新成果,制成了整套的纹板传动机构,配置更为合理的脚踏式提花机,只需一人操作就能织出600针以上的大型花纹。

二、主要纺织原料及制取技术

在史前,人类用于御寒蔽体的衣着原料,主要是随意采集的野生植物茎皮纤维或动物毛皮。大概在新石器时代中期以后,随着原始农作、畜牧技巧和手工技巧的出现,人们对衣着有了更高的要求,进而产生了对野生动植物纤维的原始优选和人工养殖、种植的倾向,并逐渐集中选出少数具有良好纺织特性的动植物品种。例如,动物纤维原料有蚕丝和各种动物毛毳两大类,植物纤维原料主要有葛藤、大麻、苎麻、亚麻等植物茎皮纤维及棉花等种子类植物纤维。

(一) 蚕丝纤维的起源、制取及传播

蚕丝是蚕老熟时吐出的丝状纤维,由丝素和丝胶组成,具有柔软、光滑以及良好的韧性、弹性、纤细度等许多优良的纺织特性,是一种十分理想的纺织原料,用它织出的丝绸,华贵高雅。

1. 蚕丝纤维的起源

中国是养蚕织帛的发源地。关于它开始的年代,因离我们现在太过久远,已很难准确说清,但根据一些神话传说和大量的考古文物,可大致推定中国养蚕织帛开始的时间。

在传统中国,各行各业都有自己的行业神,他们多作为行业的发明者而被后人祭祀。关于养蚕取丝这一发明是什么时候出现在神州大地上的,流传至今的传说和神话很多,诸如伏羲、神农、黄帝、帝喾、嫫祖、蚕丛氏、马头娘等,都曾被作为养蚕的创始者来供奉。其中流传最广、影响最大的是黄帝元妃嫫祖、远古蜀王蚕丛氏、蚕马神话中的马头娘。

黄帝元妃嫫祖是受历代官方祭祀的蚕神。相传嫫祖最早“教民育蚕、治丝,以供衣服”。这一传说最早见于宋代罗泌《路史》后记五,其文曰:“元妃西陵氏,曰嫫

祖,以其始蚕,故祀先蚕。”

远古蜀王蚕丛氏是川蜀地区祭祀的蚕神。前蜀冯鉴《续事始》引《仙传拾遗》云:“蚕丛氏自立王蜀,教人蚕桑,作金蚕数千头,每岁之首,出金头蚕,以给民一蚕,民所养之蚕必繁孳,罢即归蚕于王。”蚕丛氏巡境每穿青衣,故又称“青衣神”。

蚕马神话中的马头娘是很多地方的民间,尤其是江浙一带的蚕农祭祀的蚕神。这一传说最早见于晋代干宝的《搜神记》,内容大意是:传说上古时,有一男子出远门,家里唯有一女,因思父心切,乃戏马曰:“汝能为我迎得父还,吾将嫁汝。”马驮回了她的父亲,但女子未实现其诺言。其父得知真情后,用箭亲自把马射死,并剥了它的皮,姑娘见了马皮也是又踢又骂。忽然,马皮从地上跃起,包住了姑娘就跑,她父亲去寻找时已不见踪影。不几天,在一棵大树的枝叶里,父亲发现女儿已变成了一条蚕,正在树上吐丝作茧,这树就叫做桑。这则传说的起源很可能是缘于古代对妇女发明和从事蚕桑的推崇以及古人认为蚕与马在形体上有相似之处的观念。

这些各种各样的传说都有着深厚的社会基础,特别是将嫫祖喻为“先蚕”。我们知道,黄帝是中华民族的始祖,他带给了我们文明,教我们耕种。嫫祖是黄帝的元妃,中国素有“男耕女织”的传统,将她想象为养蚕治丝的创始人是顺理成章的。据史书记载,嫫祖任西陵部落酋长时,发展农业、经贸,安邦治国有方,深受人民爱戴。嫁黄帝为正妃后,“旨定农桑,法制衣裳,兴嫁娶,尚礼仪,架宫室,奠国基”,联合炎帝,战胜蚩尤,统一华夏,被人们尊为“万邦之母”。并且,她因首先驯养家蚕、创造蚕丝业而被人们奉为“先蚕”和“蚕神”。历朝历代,每到植桑养蚕时间,人们首先祭祀“先蚕”,以求风调雨顺,桑壮蚕肥,同时也是纪念养蚕治丝这一伟大的发明创造。

用现代的眼光来看,神话传说显然缺乏科学依据。因为织作一匹美丽的丝绸,必须要经过育蚕、缫丝、织造等多道工序才能完成,这样众多的工艺,决不会也不可能是一个人在较短时期之内创造出来的,尤其是在远古时期生产力非常落后的情况下,它肯定是经历过极其漫长的岁月,融会了不同时期人们的发明创造,并且在各个环节上都取得了突破后才形成的。不过我们知道,传说是伴随着历史而存在的。在原始社会,人们崇拜自然,常常把一些有益于人类的创造发明与上天的恩赐联系在一起,而领导部族的首领,又被看做上天的化身。中国的蚕丝生产起源很早,对人民生活影响极大,把它的创造发明权追溯到中华民族神话中的祖先身上,是很自然的事情,也是可以理解的。

传说虽然不能作为证据,但传说是历史的影子。黄帝时代相当于仰韶文化晚期(公元前5000—前3000年)到龙山文化初期(距今约4350—3950年),有趣的

是,我国养蚕织帛的历史确实是从传说中的时代甚至更早就已开始,这可以从众多出土文物中得到印证。

浙江余姚河姆渡文化遗址(公元前5000—前3000年)出土过一个骨盂。此盂口沿处有两个对称的小圆孔,孔壁有清晰可见的螺纹,腹部外壁刻有编织纹和4条蠕动的虫形纹。虫纹的身节数与蚕相同,结合同时出土的大量蝶蛾形器物,学者认为虫形纹是蚕纹(图1-1)。有的研究者认为,这是家蚕饲养和纺织技术的双重表征。但也有研究者持论比较谨慎,认为河姆渡遗址出土的一个牙雕蚕纹小盂和昆虫食叶纹饰以及众多的“蝶形器”,只是表明当时人们已经认识了野生茧丝昆虫,并且距离对它们的利用已经为期不远了。

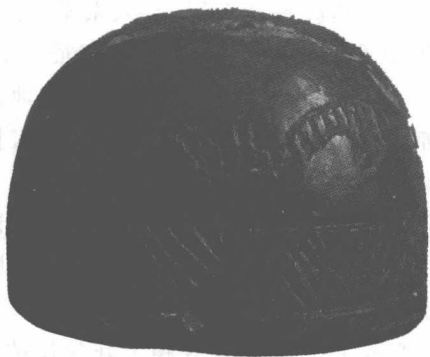


图1-1 浙江余姚河姆渡遗址出土的盂形骨器上的蚕纹

江苏省吴江梅堰良渚文化遗址(距今约5300—4200年)出土过一个绘有两个蚕形纹的黑陶,其形态较河姆渡遗址出土的牙雕小盂上的蚕纹更似家蚕。

在江苏马家浜文化(距今6000多年)罗家角第三层地层中曾发现桑属花粉,在崧泽文化遗址(距今约5900—5300年)中也曾出土大量桑树花粉。孢粉分析表明,当时的植被中已有较多的桑树生长。有学者将其综合起来考察,进而推断,在河姆渡、马家浜文化时期,东南地区的土著居民就已经发明了养蚕织丝的技术。

1926年,在距今约5600—6000年的山西夏县西阴村居民遗址中,出土过一个半截蚕茧(图1-2)。此茧残长约为1.36 cm,最宽处约为0.71 cm,曾被利刃所截。

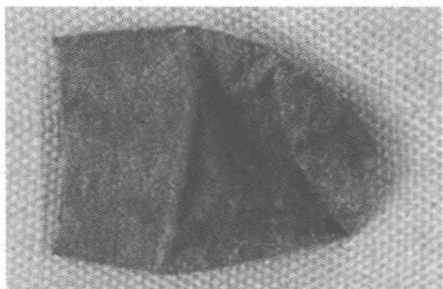


图1-2 山西夏县西阴村居民遗址出土的半截蚕茧

1958年,在距今4700年左右的浙江省钱山漾新石器时代遗址中,出土过一些纺织品。经鉴定,这些纺织品中有丝、麻两类。丝织品有绢片、丝线和丝带,绢片尚未完全碳化,呈黄褐色,长2.4 cm,宽1 cm,属长丝制品。丝纤维截面积为40平方微米,丝素截面呈三角形,全部出于家蚕蛾科的蚕。这是长江流域迄今发现最早、最完整的丝织品。

1984年,在河南省荥阳县青台村一处仰韶文化遗址中,出土过一些丝、麻纺织品。其中丝织品除平纹织物外,还有组织十分稀疏的罗纹织物。这是黄河流域迄今发现最早、最确切的实物。

蚕形纹饰的出土,既说明蚕与人们日常生活关系密切,又表明当时可能已出现了蚕神崇拜。而丝织物实物的出土,则证明在距今 5000 年之前,黄河流域和长江流域地区已开始人工饲养蚕,有了丝织生产。

在所有天然纺织纤维中,蚕丝最为独特,它系长丝纤维,一粒蚕茧缫丝时可抽出总长 800~1 000 m 的蚕丝,具有柔软、光润以及良好的韧性、弹性、纤细度等许多优良的纺织特性,是一种十分理想的纺织原料。即使在合成纤维众多的今天,中国先民发现的蚕丝,仍是世界上性能最好的纺织纤维之一。科学家曾用仪器将属于天然纤维的蚕丝纤维、棉纤维、毛纤维和属于人工合成纤维的锦纶纤维、维纶纤维、涤纶纤维进行各项指标的测试评比。在 6 种纤维中,柔软性、纤细性、染色性三个指标,蚕丝优于其他 5 种纤维,居第一位;吸湿性指标,蚕丝仅次于羊毛而优于其他 4 种纤维,居第二位;比重、强力指标,蚕丝在 6 种纤维中居第 3 位;伸长度、弹性恢复力指标,蚕丝在 6 种纤维中居第 4 位。8 项评比打分,设定满分为 40 分,蚕丝独占鳌头,得 37 分;其次是锦纶,得 34 分;后面的排位则依次是羊毛、涤纶、棉花、维纶。蚕丝的种种优点,使蚕丝长期以来一直享有“纤维皇后”的美誉。丝纤维的广泛利用,极大地促进了纺织工艺和纺织机械的进步,并成为以后化学合成纤维的原动力。

2. 蚕丝纤维的制取

蚕丝的主要成分是丝素和丝胶。丝素是近于透明的纤维,即茧丝的主体,丝胶则是包裹在丝素外表的黏性物质。丝素不溶于水,丝胶易溶于水,而且温度越高,溶解度越大。利用丝素和丝胶的这一差异来分解蚕茧、抽引蚕丝的过程被称为缫丝。

中国缫丝的历史是与丝织历史同样长久的。最初大概是在某种偶然的情况下,人们发现蚕茧可以在水中舒解,并试探出分离的丝缕是可以织作的,再后来逐渐摸索出水煮蚕茧抽引出蚕丝的技术。根据前文提到的浙江钱山漾出土的 4000 年前的绢片看,其丝条之粗细,均比较一致,说明当时已能初步控制水温和煮沸的时间,而且抽丝的手法也较为熟练,表明在新石器时代晚期,缫丝已具有一定的技术水准了。

缫丝是一种说来简单,实际却相当繁复的工艺过程,它基本上包括三道工序:①选茧和剥茧,②煮茧,③缫取。

选茧是将烂茧、霉茧、残茧等不好的茧剔除,并按照茧形、茧色等不同类型的分茧。

剥茧是将蚕茧外层表面不适于织作的松乱茧衣剥掉。

选茧和剥茧是保证缫丝质量必不可少的工序。

煮茧的作用是使丝胶软化,使蚕丝易于解析。煮茧的关键首先是控制煮茧的水温和浸煮时间。如果温度和浸煮时间不够,丝胶溶解差,丝的表面张力大,则抽丝困难,丝缕易断。反之,如果温度过高,丝胶溶解过多,茧丝之间缺乏丝胶黏合,则抱合力差,丝条疲软。另外,若前后温度差异较大,丝胶溶解不均,则必然使丝条不匀,产生额节。其次是必须控制换水的次数。蚕茧舒解后,大量丝胶溶化在水中,如不注意换水,水中丝胶含量就会越来越高,缫出的丝亮而不白。可是如换水过勤,水中的丝胶量少,不仅缫出的丝白而不亮,还会影响缫丝效率。缫取的第一项工作是索绪,古人也叫提绪,即搅动丝盆,使丝绪浮在水中,用木箸或多毛齿的植物小茎将丝盆中散开的丝头挑起引出长丝;其次是理绪,将丝盆中引出的丝摘掉囊头(粗丝头),几根合为一缕;最后是将整理好的丝绪通过钱眼和丝钩络上丝车。

中国历来十分重视影响缫丝质量的问题,有关记载也比较多。早在战国时期时就有关于“择茧”“索绪”方面的记述,秦汉两代又出现了许多关于“涓(滚)水”“沸汤”煮茧以及有关水温对于缫丝,特别是丝条质量影响的描述,说明当时在这方面已积累了相当系统、完整的经验。到了唐宋两代,更有人对此作出了不少明确的总结。见于唐人著作的,首推白居易的诗句“择茧缫丝清水煮”,既提出了选茧的问题,也提出了水中丝胶浓度的问题,短短的七个字竟准确地概括了缫丝工艺的全部关键。宋代以后,手工缫丝技术日臻完善,对缫丝过程中影响缫丝产量和质量的一些技术环节,如煮茧水温、丝锅换水、用柴和观火、集绪、添绪等,极为重视,并总结出很多行之有效的经验方法,例如:①缫丝之诀在于“细圆匀紧,使无褊慢节核,麓恶不匀”。②防止缫出的丝彼此黏结,应做到“出水干”。③煮茧水温要根据蚕茧的质量而有所区别,应“茧利缫水丝,次茧缫火丝”。所谓“水丝”,即“冷盆”所缫之丝,冷盆中的水温约 50°C ,据现代测试表明,缫丝汤温度提高,可降低茧丝间胶着程度,减少解舒张力和缫丝张力,但温度过高则丝胶溶解量过多,不仅减少产丝量,而且影响生丝净度、抱合力及强伸性,所以现代立缫水温一般掌握在 $40\sim 46^{\circ}\text{C}$ 之间,故水温掌握在 50°C 左右时有利于出好丝。丝中上品,锦、绣、缎、罗皆由水丝者出。④丝锅换水应以勤为佳,然不勤换不可,过勤换亦不宜。换水太勤,则白而不亮,换水不勤,则亮而不白。务必留心斟酌,“以清而半温者妥”,而且要“时时察看汤色,微变即取出三分之一,以清热水添满,频频添换,谓之走马换。汤之色始终如一,丝之色亦能保持始终如一”。⑤用柴和观火,要求选用干柴或木炭以求无烟,否则“因丝被烟熏,色不明亮”,以栗柴为最好,桑柴次之,杂柴又次之,切不可用香樟,香樟会损坏丝质。⑥煮茧火候要适中,不可过大或过小,“过

大则水太热,丝多疵累,过小则水未温,茧必颺开”。⑦看火之法:“汤如蛭眼,所谓炉火纯青”。⑧集绪之法:纰车上一般有1~3个绪眼,善纰者以三丝眼纰之,次纰者以二丝眼纰之,又次者以单丝眼纰之。五六个或七八个茧合成一缕的为七茧丝,其丝细且品质高。十一二个合成一缕的为中匀丝,其丝肥而品略次。十八九个合成一缕的则为下品粗丝。⑨添绪之法:为保证接头无痕迹,添绪的手法非常关键,应将清丝用指面喂在丝窝内,自然带去,使其无接头痕迹。古人总结的这些纰丝要点,即使在今天的纰丝生产中,仍有很大的指导作用。

3. 丝绸及其技艺的外传

在中外文献中,有关中国丝绸及技艺向外传播的记载很多,其中不乏一些有趣的故事,现择几个简述之,以道出其外传的大致脉络。

第一个故事——穆天子携丝西游

西晋初年,一个叫不准的人,在偷盗魏襄王墓时发现了数十车的简牍,其中有战国时成书的《穆天子传》。这本书记载,周穆王在即位的第十三年(公元前989年),以伯矢为向导,乘造父驾的八骏马车,带着大量丝织品,从山西出发,入河南,过山西,出雁门关到内蒙古,沿黄河经宁夏至甘肃,过青海越昆仑山入新疆,翻越葱岭到中亚伊朗高原后,从天山北路载着大量的新疆美玉而归。往返路程达17 000千米。敦煌莫高窟423窟的壁画以及酒泉西凉时期5号墓葬前室的东西壁画,就是以穆天子到新疆拜访西王母部落首领为题材而绘制的。虽然《穆天子传》带有浓厚的神话色彩,但是书中记述的有关西域的山川地理形势、物产习俗风情,基本与历史的实况相符。一些考古发掘也可印证它确有一定的真实性。

第二个故事——树上的羊毛

欧洲人对中国的了解是从丝绸开始的。在公元前4世纪时,当时希腊史学家克泰夏斯在他的著作《史地书》中用“赛里斯”(seres)一词来称呼产丝的国家。希腊文里“ser”是丝的意思,“seres”原意是“制丝的人”,以后引申为“丝之国”,指的就是中国。不过由于中国距欧洲地域遥远,交通不便,在很长的时间里,西方人对丝绸及丝之来源的描述,都是道听途说或仅凭想象,非常可笑,甚至荒诞。例如,有人把蚕说成一种有角的小虫,有人把丝说成树上采集的羊毛类纤维。公元前1世纪,古罗马诗人维吉尔在《田园诗》中写道:“赛里斯人从他们那里的树叶上采集下非常纤细的羊毛。”古罗马地理学家斯特拉波在《地理书》中写道:因为气候酷热,在某些树枝上生长出了羊毛,人们可以利用这种羊毛织成漂亮而纤细的织物。到公元1世纪时,尽管很多罗马人都穿上了丝绸,但他们仍然认为丝产自树上,例如,以博学闻名的古罗马作家老普林尼在《自然史》中写道:“人们在那里所遇到的

第一批人是赛里斯人，这一民族以他们森林里所产的羊毛而名震遐迩。他们向树木喷水而冲刷下树叶上的白色绒毛，然后再由他们的妻室来完成纺线和织造这两道工序。由于在遥远的地区有人完成了如此复杂的劳动，罗马的贵妇们才能够穿上透明的衣衫而出现在大庭广众之中。”大约在公元2世纪，西方人才明白丝不是产自树上，而是来自一种叫蚕的昆虫，不过他们还是没有搞清楚蚕的生长形态和习性。古希腊历史学家撒尼雅斯在《希腊志》中这样说：“赛里斯人用于制作衣装的那些丝线，并不是从树皮中提取的，而是另有其他来源。他们的国内生存有一种小动物，希腊人称之为赛儿，而赛里斯人则以另外的名字相称。这种微小动物比最大的金甲虫还要大两倍。在其他特点方面，则与树上织网的蜘蛛相似，完全如同蜘蛛一样也有八只足。赛里斯人制造了于冬夏咸宜的小笼来饲养这些动物。这些动物做出一种缠绕在它们的足上的细丝。在第四年之前，赛里斯人一直用黍作饲料来喂养。但到了第五年，因为他们知道这些笨虫活不了多久了，改用绿芦苇来饲养，对于这种动物来说，这是各种饲料中最好的。它们贪婪地吃着这种芦苇，一直到胀破了肚子，大部分丝线就在尸体内部找到。”这些西方文献对蚕的描述，说明古代西方人对丝绸的追崇，一方面是由于丝绸本身的华丽和珍稀，另一方面，丝绸及其原料上的神秘色彩无疑也是一个原因。

第三个故事——公主的帽子

位于丝绸之路上的西域瞿萨旦那国（古于阗国，今新疆和田附近），是最先掌握中国蚕桑丝织技艺的。据玄奘《大唐西域记》记载，汉代时瞿萨旦那国没有蚕桑，为得到蚕桑之利，国王派使节到汉王朝，请求赐给蚕种和桑种，哪知汉王朝不但给，还下令严禁蚕种、桑种出关。瞿国无奈，便谦恭地备下厚礼请求与汉朝和亲。得到汉朝准许后，迎亲使者密告公主，瞿国“素无丝帛桑蚕之种”，公主将来要想继续穿丝绸衣衫，必须随身携带蚕桑种子出阁。于是公主出嫁时将蚕种桑种密藏于所带丝绵帽中，当出嫁队伍经过汉朝边关时，边关卫士不敢查验公主的帽子，公主得以顺利将蚕桑种子带到瞿国。自此之后，瞿国便有了蚕桑生产，并逐渐成为著名的丝织产地。20世纪初，英国人斯坦因在和阗（今和田，即古于阗）地区发现了一块18世纪的画版，版上就刻画有那位将蚕桑种子藏在帽中带到瞿国的汉朝公主，想必是这位公主所做之事造福了瞿国，当地人为纪念她而刻画的。另外，斯坦因还在和阗附近的一座大庙废墟里发现了一幅画着祭祀“蚕先”的壁画，这种祭蚕的风俗，当然也是从中国传去的，由此也反映出蚕桑在西域人民生活所占的重要地位。

第四个故事——神奇的物品

西方史书记载了这样两件事：一是在公元前53年，罗马“三巨头”之一的克拉

苏与另外两位巨头凯撒和庞培争夺个人荣誉，意气用事，率军出征东方，与从安息国赶来的波斯军队在一个叫卡尔莱的地方交战。结果克拉苏军队惨败，两万余名罗马将士阵亡，一万余人被俘，克拉苏本人为免受当俘虏之辱而自杀身亡。强悍的罗马军队之所以在这场战役中遭遇惨败，其中一个原因是在两军鏖战的激烈关头，波斯人突然亮出鲜艳夺目的军旗，轮番挥舞，令罗马军人眼花缭乱，心惊胆战，搞不清那是什么特殊武器，认为对方受到了神的庇护，于是军心涣散，糊里糊涂地败下阵来。后来据西方史学家考证，瓦解罗马军队的波斯军旗，就是罗马人未曾见过的丝绸。二是公元前48年，罗马的凯撒大帝有一次穿着一件中国丝袍在剧场看戏，在场的王公大臣面对那光彩华丽的丝绸，一时无心看戏，把目光都集中在这件衣服上，称羡不已，认为是神话中“天堂”里才有的东西。这两件事说明在公元前的很长时间内，中国丝绸向外输出的数量极为稀少，以致丝绸在欧洲人眼中是如此的惊异和珍稀。

第五个故事——波斯锦

西域是我国古代通向西方的门户，蚕桑丝织技艺传入西域后，再向西便到了波斯。其时间大概在中国的三国时期，因为南北朝时，波斯人已能自己生产对技术要求较高的波斯锦了。波斯锦风格鲜明，不仅在中亚和西亚地区深受人们喜爱，在丝绸的原产地中国也受到欢迎，其最典型的联珠动物纹样，甚至对中国的纹样产生了巨大影响。相传唐代纹样设计大师窦师纶创制“陵阳公样”，便是受其启发。中西方史书对古代波斯的丝织情况都有一些介绍，如有许多中国史书谈到波斯的名产时都谈到过波斯锦。尽管历史上波斯锦以工艺独特著称于周边国家，但波斯的丝织技术一直远逊于中国。有一本西方史书曾记载，6世纪时，有两个波斯人不远万里来到中国学习养蚕和丝织技术。7世纪以后，我国更是有源源不断的熟练纺织工匠去中亚和西亚传授技艺。唐人杜环去大食（今伊拉克境内）时，亲眼看见一个叫乐还、一个叫吕礼的河东人在当地传授纺织技术。元朝道士丘处机在游历中亚的途中，也曾看到成百上千的汉人工匠在那里织造绫、罗、锦、缎。

第六个故事——丝绸之战

古罗马是中国丝绸的最大主顾，但中国与罗马帝国之间隔着贵霜和安息两个大国。在很长一段时间里，中国西运的丝绸基本被波斯人垄断，导致贩运至罗马的中国丝绸价格高昂。波斯人为保护他们作为中间贸易人的巨大利益，千方百计阻挠罗马与中国直接接触。公元6世纪时，东罗马帝国皇帝查士丁尼对波斯人垄断经营中国丝绸的局面实在忍无可忍，曾打算与埃塞俄比亚人联合，绕过波斯，从海上去印度购买丝绸，然后东运罗马。然而这个计划被波斯人掌握，安息王国遂以武力威胁埃塞俄比亚，阻止他们充当罗马人的丝绸掮客。查士丁尼无奈，只得

又请安息近邻的突厥可汗帮助从中调解与波斯人的关系。不料波斯国王拒绝调解,毒杀了突厥可汗的使臣,使双方矛盾激化。于是东罗马帝国联合突厥可汗,在公元571年攻伐波斯。这一战一打就打了20年之久,而且还未分胜负。这就是西方历史上著名的“丝绢之战”。飘逸轻柔的丝绸,残酷铁血的战争,两者联系在一起,说明丝绸利益已经影响了古罗马的经济命脉和长期发展。

第七个故事——竹杖里的秘密

查士丁尼统治期间,东罗马帝国与波斯关系紧张,境内的丝绸价格飞涨,民众怨声载道。东罗马帝国政府迫不得已采用政府限价的方法,规定“严禁每磅丝绸的价格高于八个金苏(每个金苏含4.13克黄金),违者财产全部没收充公”。有一段时间甚至下令禁止人们穿着丝衣,其理由除了防止黄金外流以外,还将穿用丝织品与道德牵扯到一起。一位罗马元老这样说:“我所看到的丝绸衣服,如果它的材质不能遮掩人的躯体,也不能令人显得庄重,这也能叫做衣服?……少女们没有注意到她们放浪的举止,以至于成年人们可以透过她们身上轻薄的丝衣看到她的身躯,丈夫、亲朋好友们对女性身体的了解,甚至不多于那些外国人所知道的。”不过由于丝绸在市场上过于紧俏,这些规定形同虚设。在东罗马帝国皇帝查士丁尼为此整日忧心忡忡的时候,几名印度僧人觐见查士丁尼,自称能搞到中国的蚕桑种子。查士丁尼听后如获至宝,应允僧人非常丰厚的赏赐,让他们去中国弄些蚕桑种子带回罗马,以求一劳永逸地摆脱波斯的控制。于是,这几个僧人不畏路途遥远,从罗马赶到新疆,买了一些蚕种和桑种。由于丝绸利益巨大,不仅中国严禁蚕桑技艺外传,连已掌握蚕桑技术的波斯为了自身的经济利益,也秘而不传。所以在中国到东罗马帝国的各条路线上,各国均设有很多关卡检查过往行人的物品。僧人为将蚕桑种子顺利带回东罗马帝国,煞费苦心,终于想出了一个绝妙的走私办法。据西方史书记载:僧人自中国回到东罗马帝国,密匿蚕卵于竹杖之中,持杖行路,状如进香游客。虽中国严禁输出蚕桑种子,但终无人料及,致被窃往君士坦丁堡。从此,东罗马人掌握了蚕丝生产技术,君士坦丁堡也出现了庞大的皇家丝织工场,独占了东罗马帝国的丝绸制造和贸易,并垄断了欧洲的蚕丝生产和纺织技术。这种状况一直持续到12世纪中叶十字军第二次东征后才结束。其时,南意大利西西里王罗哲儿二世从拜占庭掳劫了2000名丝织工人,将他们安置在南意大利生产丝绸。13世纪以后,养蚕织丝技术陆续传至西班牙、法国、英国、德国等西欧国家。由此可见,蚕桑丝绸生产在欧洲的广泛传播是很费了一番周折的。

根据上述几个故事,我们将丝绸及蚕桑技术西传的情况,作些简单归纳:

中国丝绸,大约在公元前1000年,就已传至新疆和中亚地区。公元前500多

年时,欧洲已有人穿用丝绸。公元前 100 年时,丝绸成为欧洲贵族竞相追逐的珍稀奢侈品。公元 1 世纪时,尽管很多罗马人都穿上了丝绸,但他们仍然认为丝是产自树上的羊毛。公元 2 世纪时,西方人才明白丝不是产自树上,而是来自一种叫蚕的昆虫,不过他们对蚕的生长形态和习性仍很茫然。在这个时期,中国的蚕桑技艺传至新疆。公元 3 世纪时,波斯人掌握了中国的蚕桑技艺。公元 6 世纪时,罗马人在与波斯人为争夺丝绸利益展开战争的同时,想尽办法,终于掌握了蚕桑技艺。公元 12 世纪以后,蚕桑丝织业从罗马逐渐传播到欧洲各国。1877 年,德国地理学家李希霍芬在他所写的《中国》一书中,给中国和中亚南部、西部以及印度之间的这些丝绸传播路线,起了一个充满浪漫与梦幻的名称——丝绸之路。时至今日,丝绸之路的概念已深入人心,被广泛地用于指代古代连接东西方两个世界的陆地和海上的贸易之路。

(二)动物毛纤维的利用及制取

动物毛毳是动物身上的被毛或绒毛。可以想象,在史前,人类使用的动物毛毳种类应是比较多的,可能凡是能够得到的各种禽畜的毛毳,皆在采用之列。由于毛纤维易腐蚀,在地下很难长久保存,在历年的考古发掘中,早期的实物尚未发现,当时究竟使用过哪些动物毛毳,我们无法判定。不过就采集的难易程度而言,较多利用当时已被人类驯化的动物毛毳,似乎是最容易的。据考古资料,人类驯养马、牛、羊、鸡、犬、猪的历史至少在旧石器时代晚期至中石器时代就已经开始。

1. 动物毛纤维的种类

在古代各地,用于纺织的动物毛纤维基本局限在绵羊、山羊、牦牛、骆驼、兔子及一些飞禽等少数动物身上。其中绵羊毛始终为主要毛纤维原料,使用量最大,像毡、毯、褐、罽等古代主要毛纺织品大多是以绵羊毛纤维制成的。

(1)绵羊毛

绵羊的毛纤维具有许多良好的纺织性能,如良好的弹性、保暖性、柔软性,质地坚牢、光泽柔和,特别是其表层的鳞片发育较好,适于卷曲,颇富纺织价值。人类利用绵羊毛的历史可追溯到新石器时代,由中亚向地中海和世界其他地区传播,遂成为亚欧的主要纺织原料。绵羊的品种很多,以古代中国为例,主要有蒙古种、西藏种及哈萨克种。蒙古种原产于蒙古高原,后广布于内蒙古、东北、华北、西北等地,是中国古代饲养数量最多的一个品种。西藏种原产于西藏高原,后广布

于西藏、青海、甘肃、四川等地。哈萨克种广布于新疆、甘肃、青海等地。由于各个地区的自然条件、牧养条件不同,在各地又有许多亚种出现。不同品种、不同产地的绵羊,毛纤维质量是有差异的。西藏种、哈萨克种的毛纤维,在细度、长度、强度、弹性等方面都比较好,可织制精细毛织物。蒙古原种羊的毛纤维比较粗硬,适宜织制比较粗厚的织物和毛毯,特别是地毯。而江南、秦晋、同州等地的吴羊、湖羊、夏羊、同羊,虽同属蒙古种,但经所在地的长期饲养培育,其羊毛质量和西藏种相近。在世界其他地方,羊毛纤维质量的等级也是按所产地区划分的。据记载,1454年,英国商人为羊毛列出了几十个等级。价格最高的来自什罗普郡、赫里福德郡和科茨沃尔德;中等的来自林肯、汉普郡、肯特、埃塞克斯、萨里和萨塞克斯;而最便宜的则来自坎伯兰、威斯特摩兰和达勒姆。15世纪时,欧洲大陆各国纷纷引进英国公羊,使羊毛质量有了改进,尤其是西班牙所产优质羊毛大量出口到当时最大的加工中心佛兰德,影响了英国羊毛输出。为此,英国曾几次禁止本国公羊出口。

(2) 山羊绒

山羊毛的纺织价值不高,但在长毛底下的绒毛却是不可多得的高级纺织原料。据分析,山羊绒没有毛髓,由鳞片层和皮质层组成,纤维呈不规则的稀而深的卷曲,平均直径在 $17\mu\text{m}$ 左右,平均长度为 $35\sim 45\text{mm}$,断裂长度约 17km ,伸直长度达自然长度的3倍,吸湿性和保暖性比羊毛好。人类使用山羊绒的历史远比应用绵羊毛的时间早。在铁器还未出现的原始社会,人类就用从山羊身上自然脱落和用手拔取的羊绒进行纺线,而从绵羊身上取毛却是在剪刀发明之后才大规模使用。中国山羊的饲养和山羊绒的利用是从新疆经河西走廊逐步扩展到内地的。据明代宋应星《天工开物》记载:一种叫做裔芳的羊,唐代末年自西域传来。这种羊外毛不很长,内毛却很柔软,用手指“拔绒”,然后“打线”织成绒毛细布。陕西人称它为“山羊”,以区别于绵羊。这种羊从西域传到甘肃临洮,现在兰州最多,所以绒毛细布都来自兰州,又叫兰绒。西部少数民族叫它孤古绒,这是一种十分高级的毛织物。18世纪英国人也曾用山羊绒制成外观极为高贵的专用“宫廷服装”。

(3) 牦牛毛

牦牛是产于中国青藏高原及其毗邻地区高寒草原的特有牛种,中国古籍称为“犛牛”,早在公元前2500年的中国西藏就已被驯化。构成牦牛毛被的粗毛和绒毛,均属特种动物毛。从牦牛毛中分离出的牦牛绒更是一种可与山羊绒相媲美的高档毛纺原料。1957年在青海都兰县诺木洪发现的一处相当于周代早期的遗址中,曾出土过一批毛织物,所用纤维经切片鉴定,可以分辨出里面有牦牛毛,说明当时青海地区已开始利用牦牛毛充当纺织原料。另据《魏书·宕昌传》记载,聚居游牧于甘肃西南、四川西部、青海、西藏等地的西羌人,居住用的帐篷都是用犛牛

毛和羖羊毛(山羊毛)织成的。

(4) 驼毛绒

生活在沙漠边缘的人类早在公元前 3000 年已经开始驯养骆驼,作为役畜,以供驮运和骑乘。中国古代的蒙古、新疆、青海、甘肃等地是最早用其毛纤维纺织的地方。汉代以前,由于采集分离驼绒技术不过关,纺出的驼毛绒纱质量不高,一般多用来和羊毛混织,如在新疆吐鲁番阿拉沟地区战国墓葬群以及今蒙古人民共和国境内诺因乌拉东汉墓中发现的含驼毛绒织物,皆为驼毛绒和羊毛的混织物。到了汉以后,采集分离技术有了进步,纯驼毛绒织品才逐渐多起来。唐代时甘肃、内蒙古等地还曾将纯驼毛绒制成的褐、毡作为地方特产进献给朝廷。

(5) 兔毛

中国史书最早记载了利用兔毛纤维纺织。《唐书·地理志》载,隋唐时期安徽、江苏一带普遍利用兔毛纺织,叫做兔褐,其兔毛织品也曾作为地方特产,大量上贡给朝廷。另据记载,唐代安徽宣城一带地区用兔毛制成的兔毛褐,与锦、绮同等珍贵,很有特点,是当地的著名产品,有的商人为了获得高利润,还用蚕丝仿制。

(6) 羽毛

世界上有很多地区都有用漂亮的飞禽羽毛作为装饰的习俗。而在中国古代,人们不仅用它们作为装饰品,还将它们作为纺织纤维使用。据《南齐书·文惠太子传》记载:太子使织工“织孔雀毛为裘,光彩金翠,过于雉头远矣”。说明南齐时期不仅用孔雀毛织作,也用雉头毛(野鸡毛)织作。另据《新唐书·五行志》和其他有关文献记载,安乐公主使人合百鸟毛织成“正视为一色,傍视为一色,日中为一色,影中为一色”的百鸟毛裙,贵臣富室见了后争相仿效,以致“江岭奇禽异兽毛羽采之殆尽”,说明唐代还曾用过许多种鸟毛织作。这种百鸟毛裙的织制工艺是极值得注意的,它是利用不同的纱线捻向以及不同颜色的羽毛,在不同强度的光的照射下形成不同反射光的原理织制而成的。这种织造法是唐代纺织技术的一大发明,为当时世界纺织工艺中所仅见。北京定陵博物馆保存有一件明代缂丝龙袍和一些明代缂丝残片,其中龙袍上的部分花纹线和缂丝上的部分显花纬线,都是用孔雀羽毛捻织的。北京故宫博物院保存的清乾隆皇帝的一件刺绣龙袍,胸部龙纹的底色部分也是用孔雀毛纤维捻成的纱线盘旋而成的。

2. 羊毛纤维的制取

由于不同品种羊的生活习性以及各个地区的气候条件、饲养条件的差异,羊身上的羊毛往往因夹杂着各种各样的杂质而绞缠在一起,不能直接用于纺纱,需经过采毛、净毛、梳毛三道工序来去除这些杂质,开松羊毛,使其达到适合纺纱或

加工成其他制品的状态。

(1)采毛

毛纤维的采集方法,最初大概是拣拾自然脱落的毛,其后是用手从屠宰后的皮革上拔下来,再后就是从活着的羊身上直接剪采。剪毛方法的出现标志着采毛技术的根本性进步,古罗马人可能是最早使用羊毛剪的。公元前3世纪,他们的羊毛剪已设计得非常现代,其形是将两个三角形刀片接在一个U形弹簧上,用它可以把羊毛一片一片剪下来。中国使用羊毛剪的具体时间现尚无定论,但可以肯定的是在南北朝以前,因为在北魏贾思勰《齐民要术》中就已有非常详细的记载。据该书介绍:绵羊每年可剪三次毛,山羊一次。“白羊三月得草力,毛床动则铰之。铰讫,于河水之中净洗羊,则生白净毛也。五月毛床将落,又铰取之。铰讫,更洗如前。八月初,胡臬子未成时,又铰之,铰了亦洗如初。”山羊不耐寒,只能在“四月末、五月初铰之。早铰,寒则冻死”。并特别指出第三次剪毛最好在八月初以前,此时,许多易黏附在羊毛上的植物草籽尚未长成,剪下的羊毛较干净,易加工。如果在“胡臬子成熟铰者”,则“匪直著毛难治”,而且“比至寒时,毛长不足,令羊受损”。不得不在八月半后铰者,不能洗,否则“白露已降,寒气侵入,洗即不益”。漠北寒冷地区每年只能剪两次,即“八月不铰,铰则不耐寒”。《齐民要术》的记载,表明当时中国已能依据羊的生长情况和气候条件来确定剪毛时间。

山羊绒的采集方法有两种:一种是掐绒,一种是拔绒。所谓掐绒,是用细密的竹篾梳子从山羊身上将已脱或将脱的较粗的绒梳下。所谓拔绒,是用手指甲从羊身上拔下较细的山羊绒。据《天工开物》介绍,这两种方法均出自西北地区,直到唐代传入中原。拔绒生产效率极低,每人穷一日之力,拔取所得,打成的线只得一钱重,费半年的工夫拔取,才够织作匹帛之料。若掐绒打线,每日所得,多于拔绒数倍。

(2)净毛

净毛是指去除原毛上所附油脂和杂质。净毛质量直接影响梳毛和纺纱工序。古代世界各地都是用酸性或碱性溶液洗涤。中国元代《大元毡罽工物记》一书非常详细地记载了当时官办毡毯生产厂所用物料中有花硷、石灰、羊筋、羊头骨,可能中国当时已采用生物酶洗涤剂净化羊毛,毕竟中国古代有用猪胰加碱水制澡豆的传统(澡豆是古代爽润肌肤的用品,作用同现在的肥皂)。欧洲在15世纪时,为去除羊毛上面的油脂和其他杂物,曾采用过水和尿比例为3:1的混合物洗涤羊毛,并广泛使用漂土(一种自然分离的水合硅酸铝)来除去羊毛上的油脂,另还使用某些植物的汁液,常用的有丝石竹属植物和肥皂草。通常的洗毛方法是:把羊毛放在篮筐里,然后用流水漂洗。将洗过的羊毛放在阴凉处的架子上晾干,再放在围栏或用绳子系成的架子上用木棍敲打,使其疏松,然后就可以梳毛了。

(3) 梳毛

梳毛是将洗净、晒干的羊毛，用弓弦弹松成松散状态的单纤维，并去除部分杂质，以供纺纱。古代所用方法有两种：一种是用有毛刺的植物，如起绒刺果，或用齿状物，梳松纷乱缠结的羊毛，直至羊毛均匀、纤维蓬松。有关梳毛的最早图绘见于欧洲 14 世纪的一本诗集中（图 1-3），图中的梳理工正在用板齿梳松羊毛。另一种是用弹弓，其形状与现在还可见到的传统弹棉弓相近（图 1-4），只是羊毛纤维比棉纤维长，单纤维强力和弹力也比棉纤维大，弹毛弓的尺寸可能要比弹棉弓相应大一些。18 世纪中叶，英国人保罗先后设计出两种梳毛机械。其中一台装有 3 英尺长、2 英尺宽的平行的板条，板条上安置有针布，用踏板操控（图 1-5）。另一台上面有一个可以用手转动的圆筒，针布呈带状贴在圆筒的表面，圆筒对着一个衬有针布的凹板转动，凹板可以降低和转动以便剥离（图 1-6）。1748 年，英国人波恩申请了一个比保罗梳机更先进的梳毛机专利。这种梳毛机带有 4 个有梳齿的圆筒，圆筒之间的距离能够调节，可以通过手或水轮驱动它们彼此反向转动，且其中的两个可以自动地沿轴向往复运动，使纤维均匀地覆盖在表面（图 1-7）。可惜这个机器在当时没有获得商业成功，但就这台机器的运转机理而言，毫无疑问应是后来罗拉粗梳机的原型。



图 1-3 梳毛，约 1338 年。
采自辛格《技术史》



图 1-4 弹毛，1517 年。
采自辛格《技术史》

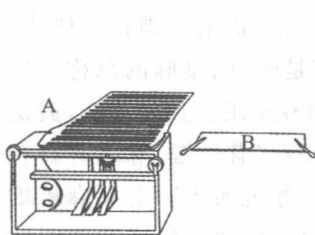


图 1-5 保罗的矩形粗梳机，1748 年。纤维被放在 3 英尺长、2 英尺宽的主干梳子上（A），用手梳子工作（B）。用踏板将 A 旋转 180° 后，纤维卷被剥离，并被绕在穿过梳机前方的两个滑轮的带子上。采自辛格《技术史》

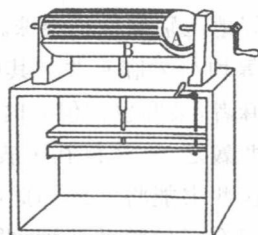


图 1-6 保罗的旋转粗梳机，1748 年。A 是一个覆盖带状针布的圆筒，B 是一个由针布完全覆盖的凹形梳子。为剥离已经梳好的纤维条，圆筒被降低并旋转 180°。采自辛格《技术史》

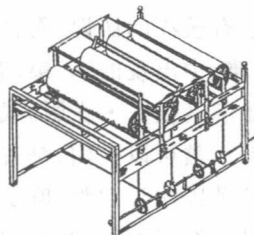


图 1-7 波恩的粗梳机，1748 年。纤维在成对的反向旋转的圆筒之间被梳理，圆筒由水力带动的轴和齿轮驱动。采自辛格《技术史》

(三)植物纤维的种类及制取

早在新石器时期晚期,世界不同地区的先民就已先后优选出当地生长的一些具有特别发达韧皮纤维束或生长有特殊用途纤维毛果实的植物作为纺织原料利用,并加以种植。其中如茎皮类的大麻、苧麻、亚麻纤维以及种子类的棉花,是用量最多的植物纤维。

1. 植物纤维的种类

大麻、苧麻、亚麻以及棉花,是最具经济价值的纤维,很早以前就被人们用于纺织,但在很长时间内仅限于在那些种植的国家,它们在世界各地的利用和传播过程大致如下。

(1)大麻

大麻产于亚洲,属于桑科雌雄异株的一年生草本植物。雌株花序呈球状或短穗状,麻茎粗壮,成熟较晚,韧皮纤维质劣且产量低;雄株花序呈复总状,麻茎细长,成熟较早,韧皮纤维质佳且产量高;麻籽含有一定的油量,可以食用。在古代的中国、中亚细亚及西伯利亚等地均被作为纺织纤维利用。公元前 1500 年左右,传入欧洲。大麻是世界上最早栽培利用的纤维之一。河南郑州大河村发现的公元前 3000 多年仰韶晚期遗址出土的大麻种子以及甘肃东乡林家发现的公元前 3000 年左右马家窑文化马家窑类型遗址 8 号房址出土的雌麻种子,证明中国当时不但利用大麻纺织,并已开始人工种植。商周时期,中国人对大麻雌雄异株现象已有较深的认识,而且能较好地地区别雌株和雄株。《诗经》《尚书》《周礼》《仪礼》《尔雅》中出现的麻、枲、苴、蕒等均与大麻有关。其中麻是雌麻、雄麻的总称。枲是雄麻,《仪礼·丧服》载:“牡麻者,枲麻也。”但有时也和麻通用。苴是雌麻,蕒是麻籽。蕒可以食用,是古代的九穀之一。《仪礼·丧服》载:“苴经者,麻之有蕒者也。”孙氏注云:“蕒,麻子也。”这些书能将大麻如此细分,亦说明当时对大麻雌雄纤维的纺织性能、麻籽的功用都有了较深的认识,并且也了解雄麻纤维的纺织性能优于雌麻,知道用质量好的雄麻纤维织较细的布,用质量差的雌麻纤维织较粗的布。商周至宋元期间,大麻纤维一直是种植最广、需求量最多的纺织纤维。宋元之后,棉花在全国普及,大麻产量虽逐年减少,但东南各省的一些地区仍以其为主要种植的纺织原料,如明代福建的莆田、惠安、泉州,清代广东的鹤山县、四川的荣昌县等。

(2) 苧麻

苧麻也被称为“中国草”(China grass),是中国特有的属于荨麻科的多年生草本植物,主要分布于南方各地和黄河中下游地区。苧麻茎皮纤维细长坚韧,单纤维长度为60~250 mm,是麻类作物中最长的。由于其单纤维长、强度最大,吸湿和散湿快,热传导性能好,脱胶后洁白有丝光,因此,用苧麻纤维织成的布有质轻、凉爽、挺括、不粘身、透气性好等特点,是深受人们欢迎的夏季衣着用料。河姆渡遗址出土的完整的苧麻叶和苧麻绳,钱山漾遗址出土的苧麻织物残片,证明了中国利用苧麻历史之悠久。商周至秦汉期间,苧麻的种植使用虽不如大麻广泛,但在长江流域和黄河流域都可看到它的踪迹,是当时仅次于大麻纤维的主要植物纺织原料之一。这时期的苧麻织品已织制得非常精致,有的甚至可与丝绸媲美。《禹贡》《周礼》记载,苧麻布是豫州贡品之一。《左传》记载,吴国、郑国互以国之特产纁衣和丝缟相赠。福建商代武夷山船棺、陕西宝鸡西周墓、长沙战国楚墓、河北战国中山国墓、长沙马王堆汉墓中都有苧麻布出土,其中有的苧麻织品的精细程度可与现代棉布相比。如长沙战国墓出土的苧麻织品,经密为每厘米28根,纬密为每厘米24根,比后世的“十五升布”还细密;长沙马王堆汉墓出土的苧麻织品,纤维的各项指标甚至与现代苧麻纤维相差不大。秦汉以后,因黄河流域的自然条件不是特别适合种植苧麻,苧麻的种植和生产逐渐分布到长江流域及其以南地区。南宋以后,随着棉花在全国的广泛种植,苧麻生产也与大麻一样开始逐渐萎缩,但由于苧麻吸湿放湿的天然优良特性为棉花所不及,故而在浙江、安徽、江西、广西、广东、福建、湖南等省的部分地区仍有大量种植,以作为织造盛夏时穿用的凉爽型织物的原料。

(3) 亚麻

亚麻是一年生草本植物,可分成纤维用亚麻、油用亚麻和油纤兼用亚麻三种类型。亚麻纤维具有拉力强、柔软、细度好、导电弱、吸湿散湿快、膨胀率大等特点,是人类最早使用的大宗天然植物纤维之一。早在新石器时代,人们就开始使用和栽培亚麻。埃及早期王朝时期的墓葬中便有亚麻收割的场景图绘,有的画面甚至是关于如何更好地处理亚麻茎,以获得最佳的纤维的场景。可见埃及早期的农牧耕作者,已利用尼罗河流域丰产的亚麻,熟练地生产出质量较高的亚麻布,并制成他们主要的服装材料。在“摩西五经”的第二本经书《出埃及记》中亦曾提到亚麻,考古学家在开罗南部地区25千米处的洞穴中也曾挖掘出50多具用亚麻布包裹的属于公元前10世纪的木乃伊。而欧洲人栽培亚麻则是随着早期多瑙河人进入欧洲北部开始的。在欧洲东南部约公元前3500年的多瑙河文化一期遗址、瑞士约公元前2200年的科尔塔文化遗址以及丹麦早期墓葬中,均曾发现亚麻,清

晰地指明了它从欧洲南部向北部的传播过程。亚麻织品传入中国的时间,现没有定论,迄今发现的最早文字记载是在晋代。1907年,斯坦因在敦煌西部古烽燧里发现一些断代为4世纪初的粟特商人古信札,其中数封是商人从敦煌姑臧(武威)向故国汇报经商的艰难,提到了黄金、麝香、胡椒、亚麻、羊毛织物等商品。而中国种植亚麻的时间较晚,约1000年前始有油用型亚麻栽培,文献中称其为胡麻。纤维型亚麻直到1906年才大面积种植,当时清政府从日本北海道引进俄罗斯栽培的纤维用亚麻在东北三省试种。

(4) 棉花

棉花是锦葵科植物的种子,系种子类植物纤维。植株灌木状,花朵乳白色,开花后不久转成深红色,然后凋谢,留下绿色小型的硕果,称为棉铃。棉铃内有棉籽,棉籽上的茸毛从棉籽表皮长出,塞满棉铃内部,棉铃成熟时裂开,露出柔软的纤维。纤维白色或白中带黄,长2~4 cm。棉花是世界上最主要的纤维原料之一,产量大、生产成本低,使棉制品价格相对低廉。

棉花种植最早出现在印度河流域文明中,其时间至少可追溯到公元前3000年。约公元前5世纪时,棉花经过西亚两河流域北部进入地中海地区。此时,尼罗河流域的人对棉花也有了认知,因为在希罗多德(约公元前485—前425)和普林尼(公元23—79)的作品中均提到过棉花。到约9世纪时,摩尔人将棉花种植方法传到了西班牙。15世纪,棉花传入英国,但直到18世纪,欧洲还主要从塞浦路斯、土麦那、阿卡、叙利亚进口棉花,从大马士革、耶路撒冷、印度、孟加拉湾地区进口棉线。在18世纪上半叶,一种起源于暹罗,而被称为暹罗棉的优质棉花,则从西印度群岛进口。而在18世纪末以前,西印度群岛的棉花又成为英格兰主要的供应源。在16世纪末,法国南部的普罗旺斯也有过不成功的种植棉花的尝试。

秘鲁曾出土可能早于公元前2000年的棉制包裹物,表明棉花在美洲大陆至少在这之前已被原住民所知。基于遗传学证据,有这样一个理论:亚洲的棉花以某种方式来到美洲,在那里与美洲本土的植物杂交,最终形成了今天我们所知道的美洲的各种棉花。16世纪西班牙人进入墨西哥南部和尤卡坦半岛,就惊讶地发现当地植棉业非常发达,岛民将彩色棉纺成土布,做成当地人的服装。

棉花传入中国的时间大约是在秦汉时期,其时的广西、云南、新疆等地区开始采用棉纤维作纺织原料,不过在中原地区棉织品尚未出现。据文献记载,汉代时西南地区生产的一种叫“广幅布”的棉布,由于幅宽质优,很受人们的欢迎,并被汉王朝大量征调。另外,《后汉书·袁牢夷传》记载了云南哀牢山区和澜沧江流域的棉纺织生产情况,书中写道:“(哀牢山)土地沃美,宜五谷蚕桑,知染采、文绣、罽毼、帛叠,蓝干细布,织成文章如绫锦。有梧桐木华,织以为布,幅广五尺,洁白不

受垢污。”帛叠即是棉布，蓝干细布是有蓝花的棉布，梧桐木华即是棉花。唐代时，随着丝绸之路的畅通，流入内地的棉织品数量越来越大。史料记载，唐上元年间（公元760—761年），高昌地区为支援唐王朝平定“安史之乱”，曾以赈放的方式收集了大批军需叠布运往中原。两宋期间，我国东南闽、广一带棉花种植渐盛，江南一带也开始种植棉花。据史书记载，闽岭南多木棉，当地人竞相种植，有种棉达数千株者。江南种植棉花最早是在松江地区，当时松江一带土地贫瘠，民食不给，遂从闽、广引进棉种开展植棉业。由于棉花种植、纺织等工艺技术在江南刚开始不久，轧花、弹花、纺纱、织布等工序还没有像丝织业那样分离开来成为某一手工业者的专门工作，而是自始至终在同一农户中由若干成员共同担任，因此它的生产效率很低，而且只能作为家庭纺织来经营，未引起众多纺织生产者的重视。到了元代，棉花“比之桑蚕，无采养之劳，有必收之效。埭之阜苎，免绩缉之工，得御寒之益。可谓不麻而布，不茧而絮”的优良特性，愈来愈被人们认识，棉花的种植地域业已扩展到长江流域和黄河流域的许多地区。据王祯《农书》说，当时“诸种蓊制作之法，赅赅北来，江淮川蜀既获其利。至南北混一后，商贩于北，服被渐广”。《元史·食货志》载，元成宗元贞二年（1296年）诏：江南“夏税则输以木棉、布、绢、丝、绵等物，其所输之数，视粮以为差”。可见种棉织布，不仅已广泛传播到长江和黄河流域各地，而且江苏、浙江、安徽、福建、湖南、湖北等省，已成为主要产棉区，并由朝廷设立の木棉提举司专门负责征收棉布，而且棉花、棉布被列为正式纳税物资，每年的征收定额也提高到五十万匹。元代以后，棉花彻底取代了麻类纤维，成为和蚕丝一样重要的大宗纺织原料。可以说元代是棉花在中国得以大发展的一个非常重要的转折点。

2. 麻纤维的制取

从麻株上获取麻纤维一般要经过剥皮、沤渍、晾晒打碎三个过程。

(1) 剥皮

剥皮是用竹刀或铁刀，将苎麻从梢分劈剥下皮，再用刀刮白瓢使苎皮分离。如果是在冬月刮麻，可先用温水润湿，以易于分劈。中国元代王祯的《农书》对剥、刮麻皮的技术和工具作过详细介绍：“刮苎皮刃也，锻铁为之，长三寸许，卷成小槽。内插短柄，两刃向上，以钝为用。仰置手中，将所剥苎皮横覆刃上。以大指就按刮之，苎肤自蜕。”¹⁵ 世纪时，在欧洲一些地方的人，还曾采用将一个大的粗钢梳固定在长凳上，用手把成捆的麻拉过粗钢梳以获取麻皮的方法。

(2) 沤渍

因为麻类植物枝茎表面的韧皮是由纤维素、本质素、果胶质及其他一些杂质

组成的,要得到它的纤维,就不仅需要取得它的韧皮层,而且必须去除其中的胶质和杂质,将其中的可纺纤维分离并提取出来。在古代,世界各地均采用“沤”的方法来获取麻类纤维。其作用机理包括物理、生物和机械三个过程。物理过程主要是使麻茎吸水膨胀、可溶物和色素析出,时间为6~12小时。之后进入生物过程,先是好氧果胶分解菌及辅助菌系活动,分解部分果胶并耗去水中的氧气,生成有机酸和二氧化碳等物质;接着厌氧果胶分解菌繁殖起来,它们的强烈发酵作用使薄壁组织、韧皮射线以及茎的表皮彻底腐解,将纤维分离出来。机械过程是在生物过程结束后对纤维进行漂洗,以除净黏附在纤维上的残留物,从而获得松散柔软的纤维。

“沤”的具体方法又可分为水沤和露水沤两种。其中水沤应用最广,即将收割的麻株或剥下的麻皮,浸泡于水中1~2周的时间,利用水分和水中细菌对植物的作用,溶解或腐蚀包围在韧皮纤维束外面的大部分蜂窝状结缔组织和胶质,从而促使纤维与麻茎分离,以获其中之纤维。有关水沤的最早文字记录见于中国文献,《诗经·陈风》载:“东门之池,可以沤麻”,“东门之池,可以沤苴”。用池水沤麻是有一定科学道理的。在日光照射下,流速缓慢的池水,温度较高,水中微生物的数量可以迅速增加。微生物在生长繁殖过程中,需吸收大量沤在水中麻植物的胶质作为自己的营养物质,在客观上起了脱胶作用。因而水中微生物的数量,成为沤渍的关键。而在水源有限,但夜间有重露、白天气温较高的地区,通常采用露水沤,即将收获的麻茎平摊在草地上,使其在细菌、阳光、空气和露水的作用下发酵,溶解掉包围在纤维束外面的大部分物质。根据气候条件的不同,一般要经过3~4周的时间,纤维才能被分离出来。俄国、德国和美国的部分地区就采用这种方法。在俄国和瑞典的一些寒冷地区甚至还采用雪沤,时间要持续整个雪期。

在广泛应用的水沤法中,技术关键是选好时间、水源和掌握好发酵程度。对此,中国古文献中有不少精辟的总结,如西汉时期的《汜胜之书》就明确指出:“最好是在夏至后二十日。”这是很值得称许的论断,因为此时气温较高,微生物繁殖快,脱胶顺利,能加工出十分柔软、类似蚕丝的麻纤维。再如北魏贾思勰在《齐民要术》中也曾明确地指出:“沤欲清水,浊水则黑。水少则麻脆。生熟合宜,生则难剥,太烂则不任。”意思是说水质要清,用浊水沤出的麻发黑,光泽不佳;用水量要足,如水少,没有浸没的麻皮因接触空气而氧化,制出的纤维脆而易断。沤渍时间要适中,时间过短,微生物繁殖量不够,不能除去足够的胶质,麻纤维不易分离;时间过长,微生物繁殖量大,脱去过多胶质,纤维长度和强度均易受损。

(3) 晾晒打碎

沤过的麻茎,经过露天晒干或烘干,再贮存一段时间,使纤维与麻茎彻底分

离,然后用手或木棒把麻茎中的脆木质压碎,去掉木质碎片后便可得到松散的纤维。17世纪时,欧洲开始尝试将亚麻揉碎过程机械化。1727年,苏格兰人唐纳德发明了双圆盘机器来打麻。次年,这种由水轮驱动机器得到了应用。1728年,英国人斯波尔丁发明了另一种打麻机。这个机器包括一个水平的槽纹辊,上下各有类似的轧辊与它啮合(图1-8)。亚麻从上面的两个轧辊中卷入,从下面的两个轧辊中脱出,这一过程重复多次,直到亚麻杆(木质部分)被充分碾碎。在1736年前的荷兰,还曾出现过一种靠风力、畜力、水力或人力驱动的亚麻精轧机(图1-9)。这个机器包括两根插在木质立柱间的带槽的轴,在轴周围,绕着8根可移动的细长杆。使用时,将亚麻纤维从带槽的轴中成捆插入,然后交替向前向后各转两圈。经过前后转动,纤维摩擦长杆,大约经过80次来回转动,就可以将6磅重的亚麻分成很好的细丝。

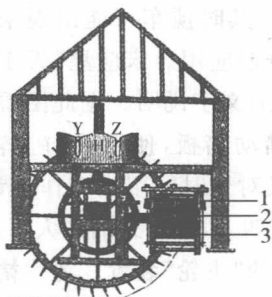


图1-8 斯波尔丁亚麻揉碎机。上面带有打麻机(H), Y、Z是插入孔,用以插入待击打的碎亚麻;1、2、3是用来碾碎亚麻的轧辊。采自辛格《技术史》

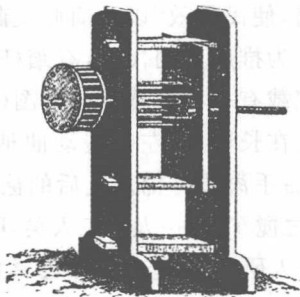


图1-9 荷兰亚麻精轧机,约1735年。亚麻被插进中轴的孔眼里。采自辛格《技术史》

3. 棉纤维的制取

棉纤维的制取要经过三道工序:去除棉籽的轧棉工序;将棉纤维开松,并去除混杂在棉花中的杂质和泥沙的弹棉工序;将已经弹松散的棉纤维卷成筒条状的卷筵工序。

(1) 轧棉

采摘下来的棉花,因含有棉籽,称为籽棉。籽棉不能直接用于纺织,只有经过去籽之后才可供纺纱之用。

最初,世界各地去除棉籽基本都是用手剥除,或借助铁棍赶压除籽。直到13世纪末,手工轧棉机具手摇搅车才在中国出现。关于这种机器最早的记载见于元代王祯《农书》:“木棉……用之则治出其核,昔用辗轴,今用搅车尤便。夫搅车四木作柱,上立二小柱,高约尺五,上以方木管之。立柱各通一轴,轴端俱作掉拐,轴末柱窍不透。二人掉轴,一人喂上棉英。二轴相轧,则籽落于内,绵出于外。比用辗轴,功利

数倍。”从王祯《农书》的配图来看,其主要结构为一对辗轴,即一根直径较小的轴,配合一根直径较大的轴。使用时,两人摇轴,一人将籽棉喂入两轴之间。这两根直径不等、速度不等、回转方向相反的辗轴相互辗轧,使棉籽和棉纤维分离(图 1-10)。利用两根反向的轴做机械转动来轧棉,比用铁杖赶搓去籽既节省力气,又提高工效,故王祯《农书》又有“凡木棉虽多,今用此法,即去籽得棉,不致积滞”的评述。“不致积滞”表明搅车没出现前,轧棉的效率低,常常影响后道工序的正常进行,而搅车的出现,使已具备纺车、织机的棉纺织手工机具配套起来,解决了长期以来一直阻碍棉纺织业大发展的瓶颈。王祯《农书》写于 1313 年,从书中所云“今特图谱,使民易效”以及前此文献未见搅车记载来看,其时搅车可能出现未久,还没有广为推广。明代时,有踏杆装置的轧车得到了普遍应用。宋应星《天工开物》中便记载有一种长凳状轧车图(图 1-11)和甚为简单的文字说明。据此图看,操作者骑坐在长凳上,左手转动曲柄令上轴转动,右足踏动踏板,使下轴与上轴反向旋转,右手添喂籽棉。其后的徐光启《农政全书》中又对当时所用踏车作了评述,云:

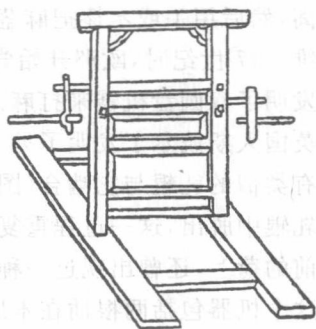


图 1-10 王祯《农书》中的搅车

“今之搅车,以一人当三人矣,所见句容式,一人可当四人,太仓式的二人可当八人。”据今人研究,太仓式搅车已具备增强辗轴转动惯量的“飞轮”装置。清代褚华《木棉谱》中有飞轮的安装位置的介绍,云:“轧车,以木为之,形如三足几,坐则高与胸齐,上有两耳桌立。空耳之中置木轴一,径三寸。有柄在车之左,以右手运其机。向外复置铁轴一,径半寸。有轮在车之右,以左足运其机,向内皆用木楔笼紧,中留尺许地。取花塞两轴之隙间,而手足胥用,无籽之花自外出。”文中所言车之右的“轮”,即飞轮。与之类似的脚踏轧车在今天的中国少数民族地区仍在使用(图 1-12)。



图 1-11 《天工开物》中的赶棉图本

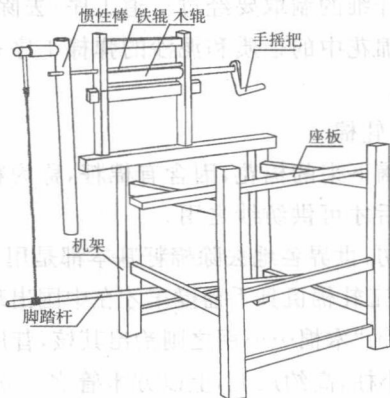


图 1-12 中国少数民族的轧车

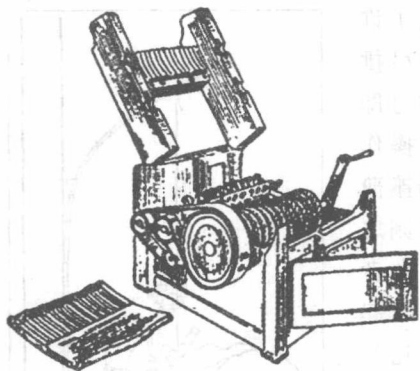


图 1-13 惠特尼轧棉机

国外使用的轧棉机直到 1793 年才由美国人惠特尼发明出来。惠特尼机器的主体为一圆筒,筒壁上安装有大量铁齿,在圆筒旋转时强行将棉绒从棉籽上撕扯下来,并运用离心力把棉籽滤除而将棉花纤维抛出(图 1-13)。1794 年 3 月 14 日,惠特尼获轧棉机专利。惠特尼轧棉机的发明,顺利地解决了美棉棉籽和棉花分离的难题,一个劳动力一天分离的棉花比以前几个月都多,打破了阻碍当时美国植棉业生产发展的瓶颈,使美国的植棉业迅速发展壮大。

有人曾这样评价惠特尼的发明:“19 世纪 60 年代,棉花成为美国南部地区的作物之王。在美国历史上,无论是在哪一个地区,一种单一的农作物能占据如此重要地位的现象还不曾出现过。如果说是某个人造成了这种局面的话,那么他就是伊莱·惠特尼,因为他发明了棉花脱籽机,使得棉花大生产成为可能。”今天被称作轧棉机的装置,虽可一并完成干燥、清洗、打包等工序,但惠特尼发明的方法仍是其中的一个步骤。

(2) 开松

棉花除籽后,为利于纺纱顺利进行,需将棉花开松,同时在这一过程中要去除一些杂物,以保证棉纤维的洁净。世界各地早期的手工开松工具均为弹弓。

以中国为例,宋代时所用弹弓,以竹为之,弓体偏小,长一尺四五寸许,牵弦以弹棉,令其匀细。如此小弓,功效之低自不待言。元代中期,弹弓有了较大改进。王桢《农书》载:“木棉弹弓,以竹为之,长可四尺许,上一截颇长而弯,下一截颇短而劲,控以绳弦。用弹棉英,如弹毡毛法,务使结者开,实者虚,假其功用,非弓不可。”此弹弓(图 1-14)较之以前的弹弓,大了二、三倍,弓弦也粗了许多,自然弹力大增,效率提高了数倍,但使用时可能仍是用手“牵弦以弹”,而不是用弹椎击弦。元代末年改为弹椎击弦。弹椎一般用檀木制成,椎长七、八寸,一头大,一头小,极光滑。使用时,先用小头击打弓弦,令棉花随弦而起,然后用大头击弦,使棉花松动分散。元明间人李昱有诗:“铁轴横中窍,檀椎运两头,倒看星象转,乱卷雪花浮。”极形象地描绘了这一过程。到了明清两代,弹弓改为以木为之,弓形长五、六尺,比之元代大了许多,而且弓弦是以蜡

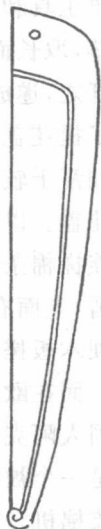


图 1-14 王桢《农书》中的弹弓

丝或羊肠为之。以木为之，必然比以竹为之重了许多，为减轻弹弓重量，弹花时往往用一细竹将弓挑起。《天工开物》收录的弹棉图（图 1-15）上，弹弓即是悬挂在置于柱旁的弯竹竿顶端。其形制和操作方法，据张春华《沪城岁事衢歌》记载：“弓上端镶薄板，方而斜，纵横四寸许。其下端，于圆柱之末刻之使弯，圆而厚阔二寸余。以弦施于二端，弦之余者统柱上。击其弦者为弹花槌。槌长七、八寸，隆起两端，极光滑。弹花必坐，其坐者如椅而矮，几及地，名弹花凳。凳之背贯以竹竿，如钓鱼者。而曲竿之极处悬绳，绳下着弓。以左手执弓，右手执槌，坐击之。”

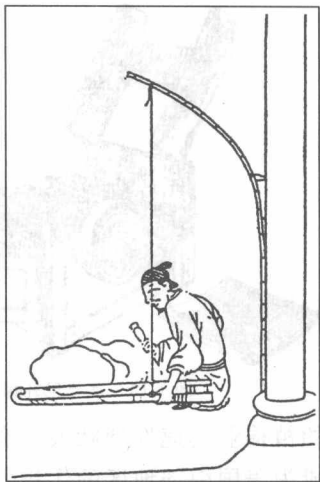


图 1-15 《天工开物》中弹棉图

（3）卷筵

卷筵，又名擦条，目的是将开松好的棉花搓成筒条状，便于纺纱时从棉条中连续地抽取棉纤维，相当于现代的梳棉成条。用纺坠或捻棉轴纺纱，不需经过这道工序，可直接将弹松的棉花就纺。用纺车纺纱，因锭子转速快，用手撕扯棉花来不及，难保纱条均匀，故必须经过这道工序。传统手工卷筵的方法是用手或木板将棉花搓成条。

在中国，从元代初年到清代末年，这道工序一直是手工操作生产。其所用的简单工具和方法，在不同时间和不同地区略有不同。王桢《农书》载：“淮民用蜀黍梢茎，取长而滑。今他处多用无节竹条代之。其法先将棉毳条于几上，以此筵卷而扞之，遂成棉筒。随手抽筵，每筒牵纺，易为均细，卷筵之效也。”清代时，卷筵增加了搓花盖。张春华《沪城岁事衢歌》中记载了搓花盖的形状和使用方法：“以竹削如箭干较细，长二尺余，名栅子。卷棉于上而搓之，其搓之器如桶盖，方而长，名搓花盖。以左手按其栅子，右手执盖向外推之，随去其栅，（棉筒）宛如玉蒜。”近代桐族搓棉条的方法与清代很相似，所用“搓花盖”是一条长 25 cm、宽 10 cm，下面平滑，上面有把手的长方形硬木板子。搓条时也是先用小竹竿将棉花卷成筒，再用硬木板搓成条。可见卷筵的工具用料多是因地制宜而得的。

而在欧洲，18 世纪后期很多纺织厂在这道工序上已实现机器生产。1775 年，英国人阿克莱特创制出世界上第一台梳棉机，并申请了专利。这台机器的主要结构是一个被称为“大锡林”的大圆筒，上面盖着一只半圆筒或“盖板”，故也称为盖板梳棉机。“大锡林”的内部与其表面一样，覆盖着许多钢丝针齿。梳理过的棉花通过反方向转动的道夫圆筒从“大锡林”上移走。成条排列的剥棉梳横过“锡林”，

每条之间均有间距,使棉花能被一小块一小块地梳出来。1785年,阿克莱特又对盖板梳棉机做了一些改革,使之成为一种可以将梳理、并条和粗纺连接在一起的工艺机器,而且可由动力驱动。首先,改用梳齿将整个“锡林”盖住,借助于一只靠曲柄上下运动的梳子,将梳理过的棉网剥下,再将其传递到罗拉下面,然后经过一只漏斗使之变窄成为棉条,再绕成圈引进条筒内。其次,设置了并条机构,将许多梳棉条从条筒中拉出合在一起,再通过两对罗拉,由后者拉成一根棉条,其长度为合起来的棉条的初始长度的数倍。此法代替了纺纱工人的手指,使棉条的质地始终均匀。该过程是由容纳粗纱的条筒的转动来完成的(图1-16)。阿克莱特的原型样机上有一扇门,通过它可以手工将粗纱取出。不过因这种操作会使粗纱损坏,所以后来的机器上就装了一个可以提出来的盒子。梳棉机的发明使纺纱机械化生产更加协调和完善了。

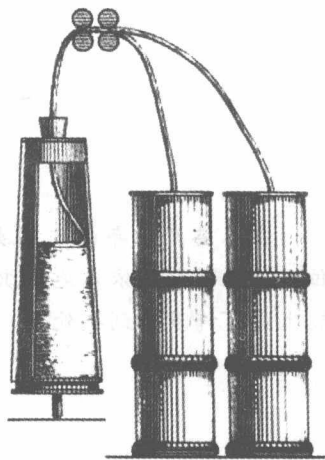






图1-16 阿克莱特的粗纱条筒,因其形状而被称为“灯罩条筒”。采自辛格《技术史》

三、纴、纺机具

在人类几千年的文明史上,纺织生产在整个社会生活中占有极为重要的地位。各地区人民依本地纺织技术的特点,发明创造了不同形制的纴、纺机具,在性能上各有许多独到之处。

(一) 纴丝机具

纴丝就是把蚕丝纤维从蚕茧中抽引出来,其工序有煮茧、索绪、集绪和绕丝等。纴丝机具便是绕丝工序所用机具,其作用是将若干根茧丝并成的生丝收在一起。中国古代普遍使用的纴丝机具有手摇纴车和脚踏纴车两种形制。

在纴车发明以前的很长一段时间,纴丝时所用的绕丝工具,只是一种平面呈“工”形或“X”形的绕丝架。有学者推测,大约在商周的时候,出现了纴车的雏形,因为曾发现一件铭有和两字的商代青铜器——甗。甗是一种由甑和鬲结合而成的蒸食器,鬲为三足如袋,下可烧火加热,内可盛水;甑为蒸具,其底有孔。这种甗就是用来煮茧兼作纴丝锅的热水容器。而纴丝工具的形制,则可从铭文中看出,是丝簠的象形表示,一般应为手摇。可释为茧,它是对纴丝架的形象描绘。这种架子相当于后世脚踏纴车上的“牌楼”,架上应有鼓轮,纴丝时两绪同时进行,茧丝自甗中抽绪后合成生丝,经鼓轮而后到达丝簠。不过这种最原始的手摇纴车似乎在当时没有得到推广(图 1-17)。

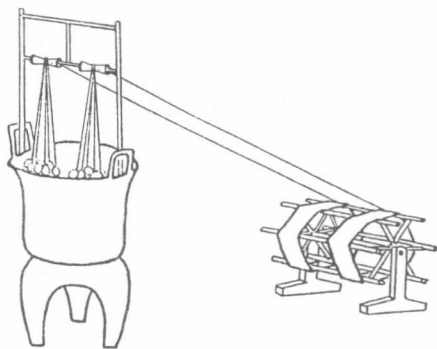


图 1-17 根据商代青铜器铭文
复原的商代纴丝工具

汉代以后,成型的手摇纴车得到普及。到宋代时手摇纴车得到进一步完善,

并出现了有关其具体形制的记载。据秦观《蚕书》介绍,当时的手摇缂车由灶、锅、钱眼(作用是并合丝缕)、锁星(导丝滑轮,并有消除丝缕上颚节的作用)、添梯(使丝分层卷绕在丝框上的横动导丝杆)、丝钩、丝軋(一种有辐撑的四边形或六边形木框)等部分组成。缂丝时需将茧锅的头穿过集绪的“钱眼”,绕过导丝滑轮“锁星”,再通过横动导丝杆“添梯”和导丝钩,绕在丝軋上。操作缂车须两人合作,一人投茧索绪添绪,一人手摇丝軋。元代初年,生产效率较手摇缂车高出许多的脚踏缂车开始普及,手摇缂车在各地的使用日渐减少,但由于它结构简单,易于操作,有些地方仍在沿用,故清代《幽风广义》和《蚕桑萃编》两书,仍把手摇缂车作为一种有效的缂丝机具予以推荐。其中尤以《幽风广义》对手摇缂车的介绍及配图最为全面,谓:“其法用小锅一口,径一尺余者,周围用土壅泥成风灶,火门向上,柴往下烧,火焰绕锅底而后出,锅后相去六、七寸,再安一小锅。后作长烟洞,使烟远出,免致薰逼绕丝之人。锅高与缂人坐而心齐。左边安大水盆一口,较与锅高二、三寸,盆上横安丝车一个。靠盆边又立插一木棍,名为丝老翁,以挂清丝头。缂盆右边安置丝軋,离缂盆三、四寸。”缂丝之时,“缂人将丝老翁上清丝十数根总为一处,穿过丝车下竹筒中扯起,从前面搭过轱辘,从轴下面掏来,于轱辘上拴一回,再从拴过中掏缴一回,不可拴成死过,须令扯之滑利活动。将丝挂在摇丝竿铜钩中,又将丝头拴在丝軋平枕上,此时搅动軋轮,丝车随之轱辘转,摇丝竿自然摆动,其丝均匀绷在軋上。”我们对照图文,不难清晰地了解手摇缂车的全貌(图 1-18)。

脚踏缂车出现在宋代,是在手摇缂车的基础上发展起来的,它的出现标志着古代缂丝机具的新成就。脚踏缂车结构系由灶、锅、钱眼、缂星、丝钩、軋、曲柄连杆、足踏板等部分配合而成。与手摇缂车相比,只是多了脚踏装置,即丝軋通过曲柄连杆和脚踏杆相连,丝軋转动不是用手拨动,而是用脚踏动踏板做上下往复运动,通过连杆使丝軋曲柄做回转运动,利用丝軋回转时的惯性,使其连续回转,带动整套缂车运动。用脚代替手,使缂丝者可以用两只手来进行索绪、添绪等工作,从而大大提高了缂丝效率。元代脚踏缂车有南北两种形制,从王祯《农书》所绘南北缂车图来看(图 1-19),它

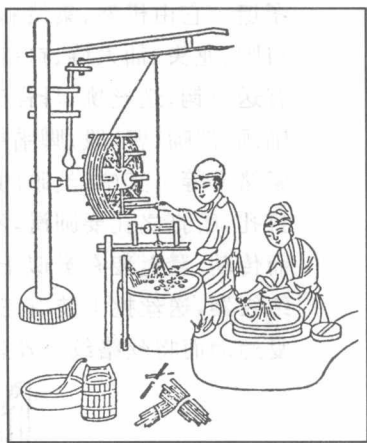


图 1-18 《幽风广义》中的手摇缂车

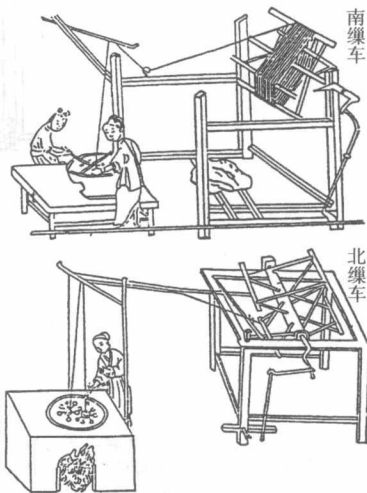
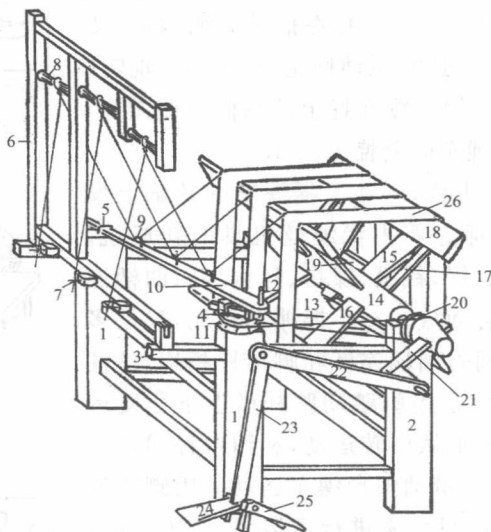


图 1-19 王祯《农书》中的南、北缂车

们的差异主要体现在脚踏传动机构的安装方式上。南纡车是踏板平放于地，一端通过垂直连杆与轴上的曲柄相连；北纡车的踏杆呈角尺状，较短部分系脚踏处，较长部分的一端通过水平连杆与曲柄相连，这种踏板形式的纡车，纡工可坐着踏。此外，北纡车车架较低，机件比较完整，丝的导程较南纡车短，可纡双缴丝，而南纡车只能纡单缴丝。这两种纡车效率虽高，但纡丝者都是对着丝灶站着操作，劳动强度偏大，对丝軋卷绕情况的观察也不是太好。因此，在明代的时候又出现了一种坐式脚踏纡车，这种车纡丝者是坐于车前，面对丝軋工作，克服了元代纡车的缺陷。20世纪80年代，有学者曾在南浔发现一台保存完整的旧丝车。据发现者研究和所绘之图(图1-20)，这台旧丝车很可能是明清时期广泛应用的足踏纡丝车的孑遗。它由机架、集绪和捻鞘、卷绕和络绞三大部分组成。机架部件有太平脚、钳口脚、龙头、仙人椿、钉口；集绪和捻鞘部件有牌楼、丝眼、竹牵子；卷绕和络绞部件有送丝钩、送丝挑、母样凳、摇钉头、母样绳、轴梗、活脱箱、长箱、居短箱、蒲桎、轸、轴颈、鹤嘴、臂、股、脚踏板、脚踏架、丝版；此外，该丝车还配备火盆、行灶、纡丝镬、索绪帚等。其中，丝眼的制作材料是铜丝或铁丝，制作时将铜丝或铁丝一端锤扁打孔，所打之孔要圆滑，不至于损伤纤维。母样凳又称牡妞凳，呈束腰形，以绳索而传动，凳上装有类似于今之偏心盘的摇钉头。送丝挑今称络绞竿，送丝钩今称络绞器，送丝挑上装有三个送丝钩，当丝軋转动时，离心盘同时转动，络绞竿即往复运动而将丝络绞于丝軋之上。



1 太平脚,2 钳口脚,3 龙头,4 仙人椿,5 钉口,6 牌楼,7 丝眼,8 竹牵子,9 送丝钩,10 送丝挑,11 母样凳,12 摇钉头,13 母样绳,14 轴梗,15 活脱箱,16 长箱,17 居短箱,18 蒲桎,19 轸,20 轴颈,21 鹤嘴,22 臂,23 股,24 脚踏板,25 脚踏架,26 丝版

图1-20 南浔丝车结构图

(二) 纺纱机具

纺纱是把动物或植物性纤维,运用加捻的方式,使其抱合成为一连续性无限延伸的纱线,以便用来织成布。自史前时代起,人类便懂得用纺坠将一些较短的纤维纺成长纱。约公元前的几个世纪,结构简单的单锭手摇纺车即已出现,而后又陆续出现了脚踏纺车及结构相对复杂的多锭甚至几十锭的大纺车。18世纪以后,人们发明了更好的动力纺纱机,就是这种纺纱机使纺织业成为第一大工业。

1. 纺坠

纺坠是世界各地先民最早使用的纺纱工具,由纺轮和捻杆组成,其使用时间可追溯到新时石器时代早期。以中国为例,在已发掘的7000年以前的人类遗址中,便发现了纺坠的主要部分——纺轮。如河南裴李岗遗址、河南舞阳贾湖遗址、河北磁山遗址、甘肃秦安大地湾遗址等,都曾出土过数量不等的纺轮。而在新石器时代中晚期的一些遗址中,如浙江河姆渡遗址、陕西半坡遗址、河南唐河芳草寺遗址、河北唐山大城山遗址、青海柳湾遗址、湖北宣城曹家楼遗址、江西清江营盘里遗址等,更有大量发现。如此多的出土实物,证明纺坠已是那时纺纱必不可少的工具了。不仅如此,在这些遗址出土的各类殉葬品中还有三个现象颇值得注意:其一,有些遗址出土的陶制生产工具只有纺轮一种。其二,在出土的各类生产工具中纺轮所占比重较大。其三,有些地区墓葬中的随葬器物安放有一定规律,即随葬品中有纺轮的墓,一般还会有石刀、石麻盘和陶器,没有石镞;随葬品中有石镞的墓,还会有石斧、石锛和陶器,没有纺轮。这三个现象,不仅反映出在早期的人类遗存中纺坠所占的重要地位,还表明当时纺织生产已分化成一种专门的生产活动和当时男子已主要从事狩猎及农耕、女子已主要从事家务及纺织的明确劳动分工。由此也可见,纺坠的出现不仅给原始社会的纺织生产带来了巨大变革,对早期人们社会生活的影响亦极为深远。出土纺轮的材质有陶质、石质、骨质和玉质等,形状有圆形、球形、锥形、台形、算珠形、齿轮形等。新石器时代早期的纺轮,大多用石片和陶片打磨而成,外形厚重不规整,制作粗糙,大多是根据所选用材料稍加切割打磨而成的。晚期的,大多是用黏土专门烧制,外形规整且趋于轻薄,侧面呈扁平或梭子的形状。其变化原因,与纺坠的工作原理和所加工的纤维有关。

纺坠的工作原理是利用其自身重量和旋转时产生的力偶做功,因而纺坠的作

功能力与纺轮的外径和重量密切相关。外径和重量大的,旋转速度快,转动惯量大,可纺较粗硬、刚度大的纤维;轮径适中,重量较轻,可纺较柔软、刚度小的纤维。早期要捻纺的纤维,都是一些只经过简单加工处理,没有经过很好脱胶的植物纤维,刚度较大;而后期,因分解、劈绩、脱胶技术的提高,要捻纺的纤维刚度变小。故早期的纺轮较厚重,后期的纺轮较轻薄。此外,在加工双股或加粗纱线时,用较重的纺轮可以取得更好的匀称性或更大的强度。

纺坠有单面插杆和串心插杆两种形式(图 1-21)。比较早的轮杆皆为直杆,战国以后,出现了顶端增置铁制屈钩的轮杆。操作时,单面插杆纺坠大多采用悬空式。纺纱时,先将要纺的散乱纤维团放在高处或用一手握住,从中抽捻出一段,缠在轮杆上端,再用另一手拇指、食指捻动轮杆后,放开纺坠,让纺坠在空中不停地向左或向右旋转,同时用手不断地

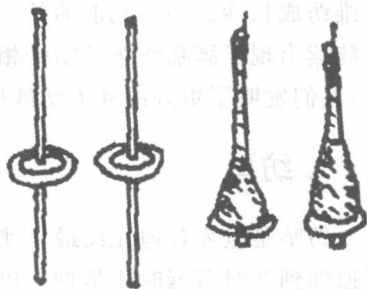


图 1-21 单面插杆和串心插杆纺坠示意图

从纤维团中再抽引出一些纤维,纤维在纺坠的旋转和下降过程中得到牵伸和加捻。锭子在下旋转摆动时,锭盘作为保持自旋的重量。待纺到一定程度后,把纺坠提起,用手把已纺好的纱缠在轮杆上。如此反复,直到纱缠满轮杆为止。这种方法可制成很好的平滑的线。串心插杆纺坠大多采用搓转式。因串心插杆纺坠的轮杆较长,纺轮又位于轮杆中部,使用时可将纺坠倾斜倚放在腿上,从握于手中或堆放一旁的纤维团中抽捻出一段,缠在轮杆上后,用另一只手在腿上搓转轮杆,使之做功。待纺到一定程度后,用手把已纺好的纱缠在轮杆上。这种纺坠的出现应早于单面插杆纺坠,从它的操作中很容易看出它是如何发展为单面插杆的。

在近代的农村,虽仍可看到使用纺坠纺纱的妇女,但实际上早在战国时期,纺车就取代纺坠成为主要纺纱工具,纺坠基本变成了妇女抽闲之时的纺纱工具。在欧洲,直到 13 世纪末人们才知道纺车,甚至到 15 世纪时,人们依然宁愿使用纺轮和锭杆,并常常强制性地用于纺经纱,如那时的佛罗伦萨就只使用纺车纺纬纱。

2. 手摇纺车和脚踏纺车

纺车是一种可用于纺纱、并线、捻线、络纬及牵伸的机具,在中国古代也被称为軋车、緹车、竿车或轨车,这些称谓主要与上述不同的用途有关。

手摇纺车出现在春秋战国时期,汉代文献开始有明确记载。《说文解字》即释軋车为“纺车也”。段玉裁注云:“纺者,纺丝也,凡丝必纺之而后可织。纺车曰

軋。”释缫车为“著丝于筭车也”。《通俗文》谓：“织纤谓之缫，受纬曰筭。”《方言》则云：“赵魏之间谓之轳轳车，东齐海岱之间谓之道轨，今又谓之缫车。”汉代纺车的形制图像在山东滕县龙阳店、滕县宏道院、江苏铜山青山泉、铜山洪楼等地出土或收藏的汉代画像石上都可看到。此外，在1976年山东临沂银雀山西汉墓出土的一块帛画上也绘有纺车图像。

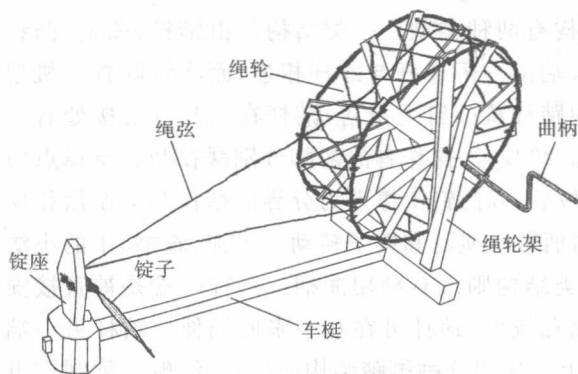


图 1-22 手摇纺车结构图

手摇纺车大致系由车挺、锭子、绳轮、绳弦、曲柄和纤管等部件组成(图 1-22)。曲柄装在绳轮的轮轴一端，绳轮和锭子则是靠绳弦相连，纤管则套插在锭子上。锭子大多置于纺车的底架上，远低于大绳轮轮轴的水平高度。这样设置是有一定道理的，因为手摇纺车除用于并合加捻外，主要

作用是对短纤维条进行牵伸，也就是将纤维条抽长拉细纺成均匀的纱。短纤维不同于丝纤维，上纺车前只是一团散乱的纤维团，不可能直接用于织造，只有用纺车牵伸拉细纺成纱后才行。而丝纤维在上纺车前已被加工成可直接供织造之用的单股纱缕了，再用纺车进一步加工，目的是将单股纱并合加捻成双股或多股的纱线。具体操作过程是：纺工坐在小凳上，纤维团放在地上，先用手从纤维团中捻出一段纱缕，将纱头缠绕在锭子上后，一只手转动曲柄，使绳轮带动锭子旋转，使纱缕得到牵伸和加捻；另一只手引导纤管上的纱线。待纺到一定长度，就停止片刻，握持已纺好的一段纱线，反绕到套在锭端的纱管上。如此反复。由此过程也可知，牵拉纱缕的工作是靠手和锭子一小段一小段相互拉扯完成的。利用曲柄转动纺车是纺纱机具的一大进步，著名英国科学史学家李约瑟在他的著作中说：“在一切机械发明中，曲柄的发明可能是最重要的，因为它使人有可能最简单实现旋转运动和往复运动的相互变换。”

脚踏纺车是在手摇纺车的基础上发展起来的，它和手摇纺车的功能虽然相同，但在结构上有了改进。其至少在东汉年间即已出现，不过在现在能见到的有关它最早最明确的资料是公元4~5世纪东晋著名画家顾恺之为刘向《列女传·鲁寡陶婴》画的配图(图 1-23)。



图 1-23 《列女传》中的脚踏纺车

原图虽已失传,但历代均有《列女传》翻刻本可据。其后,在元代王祯《农书》、明代徐光启《农政全书》、清代褚华《木棉谱》里,也分别出现了三锭脚踏棉纺车和五锭脚踏麻纺车,证明脚踏纺车自东晋时起一直都在广泛使用。

从各部古书所画脚踏纺车的图形来看,各种纺车除绳轮直径和锭子数稍有差别外,形状结构基本相同,都是由纺纱和脚踏两部分机构组成。纺纱机构由绳轮、锭子和绳弦等机件组成。脚踏机构有两种类型。一类结构是由踏杆、曲柄、凸钉三部分组成。曲柄置于轮轴上,末端由一短连杆与踏杆相连,而凸钉则置于机架上,顶端支撑踏杆。为避免操作中踏杆从凸钉上滑落,踏杆在与凸钉衔接处有一凹槽。这种结构运用了杠杆原理。纺纱时,操作者的两脚分别踩在凸钉支撑点两侧的踏板上。当双足交替踏动踏板后,以凸钉支撑点为分界的踏杆两边便沿相反方向做圆锥形轨迹转动,并通过曲柄带动绳轮和锭子转动。王祯《农书》中的小纺车便是这种类型(图 1-24)。另一类结构则没有利用曲柄。踏杆一端是被直接安放在绳轮上的一个轮辐孔中,轮辐孔较大,踏杆可在孔中来回抽伸。踏杆另一端也架放在车后的一个托架或凸钉上。采用这种脚踏结构的纺车,绳轮必须制作得重一些,以加大绳轮的转动惯量。纺纱时,纺妇也不需用双足踏动踏杆,只需用一足踏动,利用绳轮转动时产生的惯性,使其连续不断地旋转。王祯《农书》中的木棉纺车便是这种类型(图 1-25)。

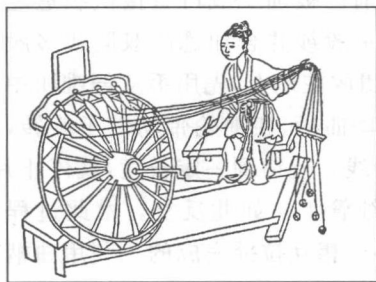


图 1-24 王祯《农书》中的小纺车

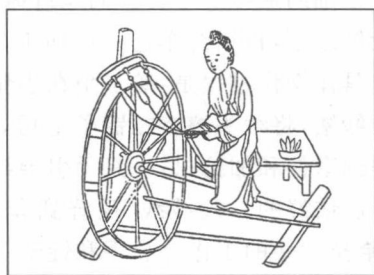


图 1-25 王祯《农书》中的木棉纺车

操作手摇纺车时,因需一手摇动纺车,一手从事纺纱工作,难以很好地控制短纤维,为避免纤维相互扭结、成纱粗细不匀,操作中只能以牺牲纺纱速度为代价,时刻小心以防止这种情况出现。而操作脚踏纺车则没有这种顾虑,因为在整个纺纱过程中,脚踏纺车的原动力来源于脚而不是手。脚使出的力通过增添的踏杆、凸钉和曲柄等传动机件,带动绳轮和锭子,做连续的圆周运动,从而使操作者原来用于摇动纺车的右手解脱出来,改用双手进行纺纱或合线的操作。这弥补了手摇纺车因只用一只手从事纺纱工作而难以很好地控制短纤维,如纺絮丝或短丝时纤维易相互扭结、造成纱粗细不匀的缺陷,也使得生产效率大幅度提高。据

现有资料看,在纺车上以脚替代手,可能是受脚踏升降综片织机的启发,但将脚踏往复运动转变成绳轮圆周运动的机械结构,却是首先始于脚踏纺车,这是中国机械制造上一个颇为重要的发明。

纺车比之纺坠,纺纱质量和效率大为提高。用纺坠纺纱,由于人手每次搓捻轮杆的力量有大有小,使得纺坠的旋转速度时快时慢,纺出的纱线均匀度也不是很好。而且用手捻搓轮杆的力量有限,每一次捻搓,纺坠只能运转很短的一段时间,纺出很短的一段纱,生产效率很低。用纺车纺纱,通常绳轮转动一周,锭子可转动 50~80 转,按 1 分钟轮轴转 30 转计算,锭子 1 分钟的转数可多达 1 500~2 400 转。用手搓捻纺坠,每搓一次,最多不超过 20 转。二者相比,纺车锭子的转速比纺坠快 10~16 倍,而且用纺车卷绕纱线也比纺坠快得多,故其总的生产能力比纺坠高 15~20 倍。同时,纺车的锭子因靠绳轮带动,转速较均匀,速率易控制,没有纺坠初始转速与末转速相差那样大,故纺出的纱均匀度较好,且可根据不同用途纱线的工艺要求,较轻松地进行强捻或弱捻的加工。

中国从汉代即已普及的纺车,欧洲直到 13 世纪末才出现。迄今所知,欧洲关于纺车的最早介绍,是在 1280 年左右出版的德国斯佩那尔一个行会章程中,其中间接提到了纺车。最早的图绘资料(图 1-26)出自约 1338 年的《勒特雷尔圣诗集》。李约瑟认为,在欧洲,纺车以及与纺织品有关的其他机械,是元代由从中国归来的意大利人传入的。

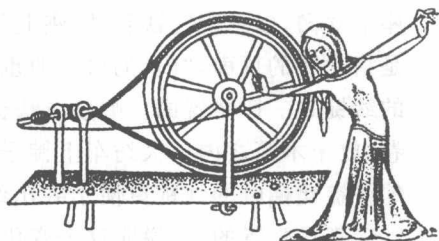


图 1-26 纺车, 出自《勒特雷尔圣诗集》, 约 1338 年。 采自辛格《技术史》

3. 多锭大纺车

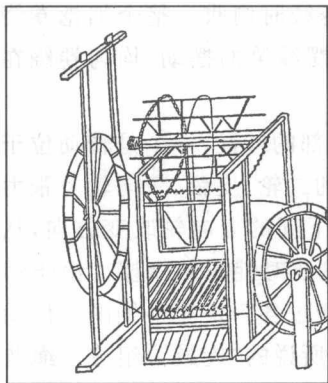


图 1-27 王祯《农书》中的大纺车图

多锭大纺车系一种有 32 个锭子的丝、麻纤维并捻机具。由于它比其他纺车锭子多,车体大,故称为“大纺车”。这种纺纱机是宋元时期中国机械制作技术成就之集大成者,在构造上非常卓越,特别适宜规模化生产,因此博得了著名科学史学家李约瑟的高度赞扬,认为它“足以使任何经济史家叹为观止”。

大纺车具体的创制情况,古文献中缺少明确记载,其形制直到元代才被收录在王祯《农书》里(图 1-27)。我们知道,一项技术从产生到广泛应

用,一般都要经过一段相当长的时间。从王祯《农书》中阐述的器物和耕织方法大多为汉唐间使用的成法以及所云“中原麻苎之乡,凡临流处多置之”的水利大纺车这一情况推论,大纺车的出现时间当在王祯编写《农书》之前,应是南宋或更早些时候的产物。另外,这种纺车本有大小两种规格,最先出现的,是规格较大的一种,较小的一种则是根据较大者仿制出的。王祯也曾明确谈到这一点:“又新置丝绵纺车,一如上(大纺车),但差小耳。”

大纺车的结构可分为加捻卷绕、传动和原动三大部分。

加捻卷绕部分,由车架、锭子、摆纱竿和纱框等机件构成。机架是一个长约二丈,宽约五尺,下部着地的长方形木架。锭子的数量有32枚,其外观、尺寸、贮纱及置放方式与一般常见的纺车纱锭完全不同。其形状为一中空の木筒,在《农书》中被称作“轆”。轆,也写作椈,系用木制成的筒子。长一尺二寸,直径亦一尺二寸,竖置在机架底部的长木座上。从《农书》的附图看,锭子似乎是横置的,很容易引起误解,不过《农书》在文字中却交代得非常清楚:“次于前地拊上,立长木座。座上立臼,以承轆底铁箕。”“座上”和“臼”“承”几个字,其含义很明显,“座上”无疑是指木座的顶面,“臼”的口一般也是向上,而“承”字则是以下受上之谓,可见所有的纱锭是一律竖置的。贮纱方法也不是缠在纱锭杆上,而是把绩好的麻条盘成纱卷,放于木筒之内。大纺车上锭子置放和贮纱形式的变化和创新非常重要,竖立的纱锭比横卧的纱锭更便于导出纱缕,而且出纱快捷,不易乱缕。现代纺纱机的纱锭都是竖置的,也说明这个变化对后世纺纱机演变的影响之深远。摆纱竿是一根能做间歇摆动,使纱框卷纱均匀、不致重叠,较机架略长的细木杆。它横担于机架两侧横撑的前半部,并与机架正面的上半部接近。摆纱竿前还横安有一排用以控制纱线位置(分勒绩条)与纱锭等量的小铁叉。纱框由6根横木条和1根略长于机架的长轴构成。由于纱框很长,为便于将纱框上已卷绕的加捻后的麻缕顺利卸下,纱框一角横梁辐撑是活络的,可让一根横梁在退缕时内收。整个加捻卷绕行程是:轆内引出的纱缕,每缕经过一个小铁叉,通过摆纱竿的摆动,均匀卷绕在纱框上。

传动部分,包括两个系统:一个是转动位于机架下部的纱锭,一个是转动位于机架上部的纱框。传动纱锭的系统,由位于车架左右的二轮、皮弦、变向轮及张力轮构成。皮弦贯通左右二轮,下皮弦通过固装于车架下部的变向轮改变方向,从位于车架前部的锭轮外侧通过。锭子的旋转即是靠皮弦对锭轮的摩擦。由于纱锭是垂直排列的,所以皮弦无疑也是按直线运动方式切过各个锭轮外侧的。传动纱框的系统,由一根绳弦及几个变向滑轮(即《农书》中所说的“旋鼓”)组成。绳弦直接缠于主动轮轴上,并自主动轮轴引出后,经变向滑轮绕于纱框上。

原动部分,既可用人力或畜力驱动,也可利用水力驱动。用人力驱动,只要在车架一侧轮轴上装一曲柄即可。此轮作为主动轮,利用人力加以摇转。由于大纺车锭子数目甚多,为了省力,此轮直径通常要大一些。用畜力驱动,应是采用类似畜力碾磨的方法。宋元以前,畜力碾磨便已有相当久远的使用历史,技术上已颇为成熟,因此在大纺车上使用这些技术绝非难事。用水力驱动,采用水轮与车架一侧大轮同轴的驱动方式,把水轮发出的力最大限度地用在大纺车上。这种同轴驱动的方式,在水磨、水碾上经常可以看到。王祜说水转大纺车的水轮“与水转碾磨工法俱同”,印证了水转大纺车的动力确是借鉴了水磨、水碾的技术。

与普通纺车相比,大纺车功效如何?做一简单换算即可明了。直观地看,32锭的产量相当于32架单锭纺车、5.4架5锭纺车。实际上,并不仅止于此。我们知道,一般纺车在进行加捻和卷绕时,纺工需手持纱缕一端,让纱缕的另一端绕于锭杆前端,即被纺纱缕的两端处于手和锭杆的控制中,也就是在加捻过程中,这段纱线两端的位置是固定的。锭子旋转,纱线被加捻后,依靠锭子的反转,绕于锭杆前端的纱缕被退绕下来,再转动锭子,把加过捻的纱缕用手送绕在纱管上。显然锭子的工作一会儿是加捻,一会儿是卷绕,加捻和卷绕是分开交替进行的。大纺车则不是这样,它把加捻和卷取糅合起来一并进行。大纺车的锭子专门负责加捻,卷绕则由纱框完成。运转前,需要将纱缕预先绕在纱管上,并将纱缕头端绕上纱框。运转时,锭子与纱框同时转动,锭子转速比纱框快得多,纱缕在被卷上纱框的过程中被加捻。由于加捻与卷绕的速度有固定的速比,且是无间歇的连续运转,大纺车的加捻卷绕速度和质量自然比一般纺车要快和均匀。如再加上连续工作,即加捻、卷绕同时进行而争取的有效时间,其产量比前述的还应提高三分之一。难怪王祜说:“昼夜纺绩百斤,或众家绩多,乃集于车下,秤绩分纾,不劳可毕。……大小车轮共一弦,一轮才动各相连。机随众轂方齐转,纾上长经却自缠。可代女工兼倍省,要供布缕未征前。”原来一架纺车每天最多纺纱1~3斤,而大纺车一昼夜可纺100来斤,纺绩时需集中足够多的麻才能满足它的生产能力。在使用大纺车的地方,许多农户都将绩好的麻送到大纺车作坊,请其代为加工,节省出大量劳力。

一项技术能够得到运用,其意义之重大,并不逊于这项技术的发明。王祜《农书》云,水利大纺车“中原麻芒之乡,凡临流处多置之”,似乎仅是中原一带在普遍使用水利大纺车,实则不然。根据学者研究成果,元代后期的都江堰一带,乃是当时中国使用水力纺纱机最集中和最充分的地区,也是世界上第一个在纺纱业中建立起水力推动机器生产体制的地区。

与中国相比,欧洲出现和使用多锭纺纱机械的时间是相当晚的。马克思曾以

德国为例,在《资本论》第一卷第十三章中论述欧洲较早的纺车:“在德国,起初有人试图让一个纺纱工人踏两架纺车,也就是说要他同时用双手双脚劳动,这太紧张了。后来有人发明了脚踏的双锭纺车,但是同时纺两根纱的纺纱能手,几乎像双头人一样罕见。”这就是说,欧洲 18 世纪以前使用的纺车都是单锭的,双锭的虽然也出现过,却找不到能操作的人,无法推广。欧洲最早的畜力纺车是 1735 年约翰·怀特(John Wyatt)发明的驴力纺车。最早的多锭纺车是 1764 年英国人哈格里夫斯(James Hargreaves)发明的珍妮纺纱机(最初为 8 锭,后来逐渐增至 20~30 锭)。最早的水力纺车是 1769 年英国人理查德·阿克莱特(Richard Arkwright)在珍妮纺纱机的基础上创制出的水力纺纱机。

4. 大型丝纺车

大型丝纺车是中国清代时期江苏、浙江、四川三地普遍使用的一种装有几十个锭子的纺车。这种纺车是在前述多锭大纺车的技术基础上发展出来的,具有锭子数更多、结构更加精妙、效率更高的特点。它主要有两种类型,一曰“水纺”,即江浙式;一曰“旱纺”,即四川式。对这两种类型纺车的具体结构,清代卫杰《蚕桑萃编》均有记载,并附有图谱(图 1-28、图 1-29)。据其记载,“水纺车”和“旱纺车”的结构大体相同,都是由机架、出纱、绕纱和传动四部分组成的。

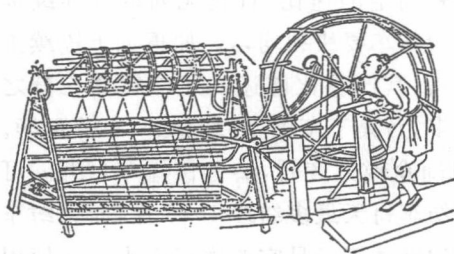


图 1-28 《蚕桑萃编》中的江浙水纺车

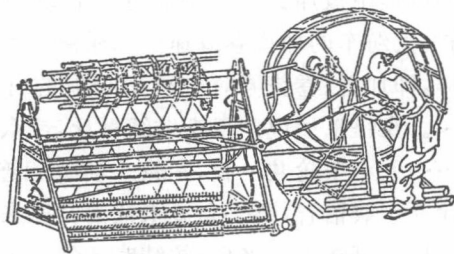


图 1-29 《蚕桑萃编》中的四川旱纺车

机架部分由 4 根立柱、数根横撑和 2 根木桩组成。四根立柱分立四角,前后各安横撑一条,位于立柱之中部。自下至上各安横撑三条,小木桩竖置于两侧上部的两根横撑之间,顶端竖开凹口,以承担纱框铁轴,下部横开方孔,以承担摆纱的横竿。

出纱部分由枕木、竹牌、方木、过丝竹竿、水槽和 50 或 56 枚锭子组成。枕木长度与机架相等,纵截面呈梯形,位于机架底部横撑的中央,其上各凿有长方形孔槽 50 或 56 个,可以调换使用。竹牌上均开有孔洞,或位于中心,或从左上角向中

心斜开,竖插于枕木孔槽之内。方木长度也与机架相等,其上竖竹箴几十枚,置于枕木与机架的立腿之间,锭子尾部插于中心开口的竹牌之内,腰部安于斜开口的竹牌之内,头部横担于方木上的竹箴间隔之内。锭子上的纱自方木引出后必须经过水槽或水淋竹湿润,水槽或水淋竹略长于机架,水槽内满贮清水,水淋竹上覆盖湿毡,压丝竹于水槽之内或水淋竹之上。

绕纱部分由纱框、导纱竿、摆纱竿等组成。纱框位于主机的最上部,两端轴头分担于机架木桩上部的凹口之内。摆纱竿略长于机架,位于机架之下,两端分插于机架上的两小木桩下部之方孔内。导纱竿长同纱框,位于摆纱竿之下,过丝竹竿或水淋竹略长于机架,位于机架前后部与方木高度相近的地方,均起纱线的导向定位作用。

传动部分由主动轮、被动轮、传动皮带等组成。主动轮直径约 2 m,位于机架一侧。被动轮形如簋子,位于机架另一侧。传动皮带环套于主动轮和被动轮之上,并以一上一下交叉的方式通过各个锭子。主动轮和被动轮按逆时针方向旋转,纱框按顺时针方向旋转。主动轮和纱框基本上是同步运动的,既可使纱经过缠纱部分的各个部件,缠于纱框上,同时由于锭子与纱框有转速差,故又可使纱加捻。

水纺车和旱纺车结构的差别,主要是引纱过程中去除丝线表面灰尘和增加丝线湿润度的加湿附加装置。水纺车加湿是靠车架两边底部盛水的竹壳,丝线直接由水中通过;旱纺车加湿是靠车架两边底部的湿毡,丝线上卷时从湿毡上通过。

与前代多锭大纺车相比,大型丝纺车有下述几个进步:其一,车架的形状由长方形框架体变为梯形框架体,上狭下阔,纺车稳定性更好,且车架一侧的导轮直径大大缩小,使操作更为省力。其二,纱锭由中空的木桶状改为实心的锭杆状,变竖直排列为横卧排列,克服了竖锭因摇摆而造成丢转导致纱线加捻不匀的缺陷。其三,锭子由单面排列变为双面交叉排列,使锭子数量又增加了许多。以前的大纺车每台锭子数为 32 枚,纺丝大纺车锭子数增加到 50 或 56 枚。锭子数的增多使每台车的生产率相应提高了很多。其四,导纱方式更加完美。纺麻大纺车是靠“小铁叉”完成导纱,纺丝大纺车是靠“交棍竹”完成导纱,小铁叉只能导,交棍竹既能导,又能摆动使丝线分层卷绕。其五,增加了给湿定型装置。既可提高丝线张力,防止加捻时丢转,又可稳定捻度和涤净丝条。

5. 珍妮纺纱机

18 世纪中期,英国商品越来越多地销往海外,手工工场的生产能力严重不足。为了提高产量,人们想方设法改进生产技术。1733 年,英国发明家约翰·凯

伊发明了一种飞梭装置用于棉织机,使织布效率提高了一倍,并使布面加宽。随着飞梭装置的普遍使用,1个织布工人需要6个纺纱工人供应纱线,造成纺纱和织布的严重不协调。如1760年在曼彻斯特,一个织工每天要跑3~4英里路,找5~6个纺纱工,才能收购到一天所用的纱线。为应付由此形成的“纱荒”,英国皇家学会和英国“技术与工业奖励协会”专设奖金鼓励纺纱技术的改革,极大地刺激了人们对纺纱机器改进的热情。1764年,英国布莱克本的织布工哈格里夫斯发明了一种可以大大提高纺纱效率的纺纱机。

关于哈格里夫斯的发明,流传着下面一个故事。1764年的一天,织布工哈格里夫斯偶然将家中妻子正在使用的纺车撞翻,发现纺车倒在地上,原来纺车上水平安置的纺锭变成直立的,可直立的纺锭仍然在转动。他受此启发,联想到如果在一个框架上并排立上几个纺锭,用一个纺轮带动它们同时转动,纺纱效率肯定可以大大提高。于是当过木匠的哈格里夫斯依此思路动手,最终创制出一台有8个纺锭的纺纱机,并自豪地以女儿珍妮的名字命名为“珍妮纺纱机”。1768年,哈格里夫斯在英国诺丁汉与别人合资开办了一家纺纱作坊,用珍妮纺纱机生产针织用纱。1770年,他为珍妮纺纱机申请了专利。

珍妮纺纱机的机件有机架、绳轮、梳栉、锭子、绳弦、络筒框架、压纱铁轴、转轴和踏板。机架呈放倒的双A形,每个A形机架上端各有一条凸起的光滑轨槽。绳轮上有手柄,安装在机架一侧。梳栉安装在机架上端光滑的轨槽中,可以滑动,

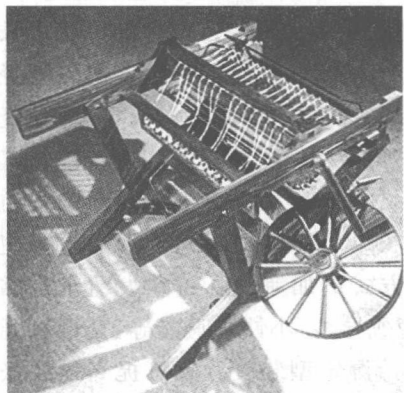


图 1-30 珍妮纺纱机

也是一个框架结构,上面有上凸下凹的组合木条,每个组合木条起着夹持粗纱牵伸的作用。锭子有8枚,位于机后,起着将梳栉牵伸的纱条进行加捻的作用。绳弦有8条,分别环绕在8只锭子和绳轮上。络筒框架中排列着8个里面卷绕有待纺棉纱的络筒。压纱铁轴的作用是将加捻好的棉纱从锭子顶端压到底端以备卷绕。踏板和转轴用铁丝连在一起,踏下踏板,转轴转动,将压纱铁轴转到机后水平面上,完成压纱动作;放开踏板,压纱铁轴又通过转轴恢复成原态(图1-30)。

珍妮纺纱机的具体操作分为四步:第一步,先将梳栉推置机前,将8个络筒插到络筒框架里的转轴上,再依次将每根粗纱通过梳栉上对应的组合木条,并将粗纱的另一端卷绕在相应的锭子顶端。第二步,一手将梳栉从机前滑动到机后,完成棉纱的牵伸,另一手同时摇动绳轮带动锭子转动使纱线加捻。第三步,加捻工

作完成后,一手继续转动手柄,一脚踏下踏板,通过压纱铁轴将加捻好的细纱压到锭子底端。第四步,继续转动手柄,并将梳栉从机后推置机前。此时所纺的棉纱全部慢慢被卷绕在锭子底部,同时又有新的棉纱被梳栉从络筒上带出;脚离开踏板,使压纱铁轴恢复原状。如此反复,纱线便纺成了。

需要指出的是,中国现在很多书中都把英国人哈利改进的珍妮纺纱机说成原型机,这显然属于张冠李戴。哈利改进的机器在原理上与原型机基本一样,但是在结构上有明显的差异(图 1-31)。其结构和操作大致如下:绳轮安装在机架一侧,锭子置放在机器最前方的两条锭轨上,机架下部安装有一罗拉,装有绳轮一侧的机架上还安有坠杆,装着粗纱的筒管则放在机器底部。锭子通过连到罗拉上的条带转动,而罗拉则由手摇的绳轮带动。每只筒管的棉条供给一个锭子,并通过按两根锭轨之间的路程在机器上来回滑动的梳栉。纺纱工是通过把梳栉后退一定距离拉出粗纱的。当梳栉做后退运动时,那两根锭轨就被紧压在一起,使棉条保持紧拉状态,此时推动锭子运动的操纵轮继续旋转。当捻得足够紧时,梳栉再前移,锭子就慢慢转动将纱卷绕起来。与此同时,纺纱工拉动压着纱线的坠杆,将纱线向下推入到可绕的位置。珍妮纺纱机投入使用后不久,锭子数便由 8 枚改进到 12 枚,但改进后的机器仍只适于纺纬纱的缺陷没有得到根本改变。

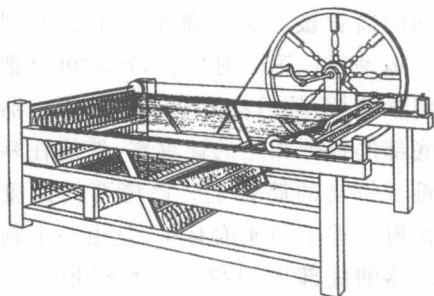


图 1-31 哈利改进的珍妮纺纱机

珍妮纺纱机在出现之初,曾引起当时很多手工纺纱者的恐慌,甚至发生过一些手工纺纱者冲进哈格里夫斯的家里捣毁机器的情况。但不可否认,它的出现解决了纺纱与织布之间的瓶颈,成为英国工业革命的火种。正如恩格斯所说:“使英国工人的状况发生根本变化的第一个发明是珍妮纺纱机。”

6. 欧洲水力纺纱机

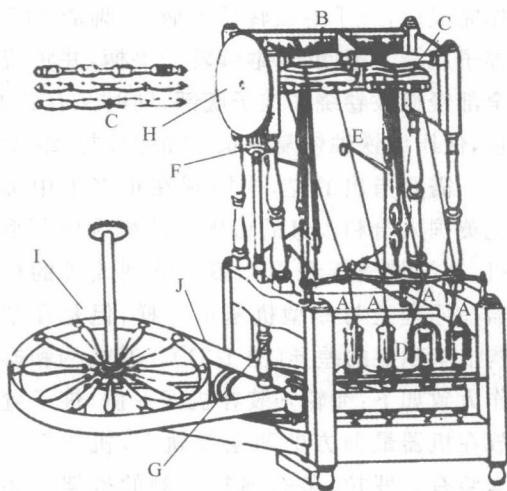
珍妮纺纱机虽然效率很高,但仍然是靠人力工作的。1769 年,从事理发业和假发制作的英国人阿克莱特申请了一种翼锭式罗拉水力纺纱机的专利。这种机器与 1764 年问世的珍妮纺纱机相比,纺制的纱线强度有所提高,不仅可以用作纬纱,还可用作经纱。它的动力可以是畜力,也可以是水力,1790 年时改为蒸汽机。

关于阿克莱特水力纺纱机,由于缺乏比较详尽的资料,不同研究者的介绍有些出入。今将英国查尔斯·辛格主编的《技术史》中的描述摘录于此,以便我们能对其有个大致的了解。

“阿克莱特的机器(图 1-32)是木质构架,在其顶部有 4 只简管,水平横向放置,上面绕着粗纱。从每只简管拉出的粗纱,通过两对罗拉按照不同的简管被分成 4 部分。第二对罗拉运动得比第一对要快,这就可以把粗纱拉长,然后向下通入与位于机器底部的锭子相连的锭翼臂,缠绕在靠锭子带动的简管上。该简管的速度快慢与锭子的速度有关,是由一个制动器的底部周围绞合的绒线形式进行的。这种卷绕方式,遵循的原理与阿克莱特从中受到启迪的萨克森脚踏纺车的原理是一样的,即便是将销

钉插在锭翼上的相当不灵巧的装置,纺纱工也能够引导纱线均匀地绕在简管上。在阿克莱特的专利说明书中,机器是被设计成用一匹马来拉动的,不过在最初通常采用的原动力是水,因而就取名为水力纺纱机。在 1769—1775 年间,这种机器又经过几次改进,但这方面的资料却很少保留下来。1772 年由阿克莱特的一名工人伍德(Coniah Wood)申请了专利的最重要的改进之一,是引进了移动式锭轨代替销钉来导引卷绕纱线,其运动后来通过一个心形轮或凸轮实现了自动化,另外又增加了一对罗拉”。

1771 年,阿克莱特在英国曼彻斯特建立了欧洲第一座用水力纺纱机装备的纺纱厂。到 1779 年,这个纺纱厂已发展到拥有 300 名工人的规模。此时,还有一大批同样的纺纱厂在英国沿河地带建立起来。正是水力纺纱机的普遍使用,英国纺织业率先走上了大机器生产道路,成为工业革命的领头行业。因此,水力纺纱机的发明,通常被认为是英国工业革命开始的标志。我们知道,每一种新机器的发明都有其必不可少的前提和途径。其前提当然是为满足某种需要;其途径,大多都是借鉴或继承已有机器的某些结构并加以改进创新。欧洲水力纺纱机的出现,与中国的水转大纺车之间是否有某种关联呢?有研究者把王祯《农书》中的水转大纺车和 18 世纪后期及 19 世纪初期英国工业革命中的亚麻纺纱机作了对比之后,发现“二者在结构上惊人地相似”。认为“后者可能就是前者经印度传入英国后略加改良的产物”。这种推测不无道理,犹如研究者指出的那样,欧洲人“是在对比研究了当时的水力捻丝机受到启发后,才设计出其水力纺纱机来的。当时



A 纱线, B 粗纱简管, C 罗拉, D 锭翼, E 导纱钩, F 轴垂直于水平面的锥齿轮, G 齿轮杆, H 罗拉动力轮, I 纺轮, J 皮带

图 1-32 阿克莱特的纺纱机

英国的水力捻丝机是意大利捻丝机的仿制品,而意大利捻丝机,如李约瑟所说,又是在元代时期由中国传入的。而在元代中国,唯一可知的水力捻丝机恰恰就是“水转大纺车”。由此而言,欧洲水力纺纱机“与水转大纺车之间应当具有某种关系。倘若把这种关系放在近代早期欧洲与中国之间的技术交流的背景下来看,更是十分清晰。18世纪曾有一个主要是通过传教士(特别是耶稣会士)把中国的工艺技术知识介绍到欧洲的浪潮。此时徐光启的《农政全书》被介绍到欧洲,并得到重视。在1735年出版的杜赫德《中华帝国通志》中,所刊的有关养蚕、缫丝和织机的插图,便是采用了《农政全书》卷31—34‘蚕桑’及卷35—36‘蚕桑广类’的内容。元代水转大纺车的有关图文,几乎原封不动地保存在《农政全书》中。因此水转大纺车在18世纪中叶以前,已通过传教士介绍到西欧,应是无可置疑的”。依此脉络,说阿克莱特水力纺纱机很可能和中国大纺车有直接的渊源关系,似不为过。

最后需要强调的是,尽管阿克莱特是水力纺纱机的专利人,却不是欧洲水力纺纱机的发明人,真正的发明者是英国工匠海斯。有研究者指出:阿克莱特将从朋友海斯那里得到的水力纺纱机模型申请了专利,继而办起许多大型纺纱厂,成功地从一个剃头匠变为著名的企业家和发明家。实际上,在这鲜亮的光环背后,阿克莱特一系列的纺织技术发明都是把别人的发明拿过来再进行综合。他曾引发过一系列专利权之争,法院最终判他剽窃,他获得的一系列发明专利都被注销。不可否认,作为一名企业家,阿克莱特勇于利用新技术的思维令人称道,也让其在英国工业史上大放光彩,但其在技术发明上的剽窃行为却是极其可耻的。

四、织造机具



人类最先出现的制作织物的技术是编结技术。先民在编结的过程中发现,如果把纱线绷紧,往往可以取得更好的效果,并从中得到启发,发明出无机架的最早的织机——原始织机。其后又经过长期摸索,陆续发明出有机架的各种不同形式的织机。在世界各国中,中国在10世纪前就完善普及了踏板织机、多综多蹑织机、罗织机、花本提花机等多种技术特点各异的织机。欧洲直到公元13世纪初,两片综的脚踏织机才在一些地方逐渐推广使用。不过,在18世纪以后,织机在欧洲得到飞速发展和改进,出现了许多技术创新和发明,例如,1733年,英国人约翰·凯伊发明手拉机件循筘座投梭的装置——飞梭,其后升降梭箱也创造出来了,这是继脚踏提综之后的又一个划时代的发明;1775年英国人克雷恩制成针织经编机;1799年,法国人贾卡参考中国花本提花机发明了纹板提花机。

(一)原始织机

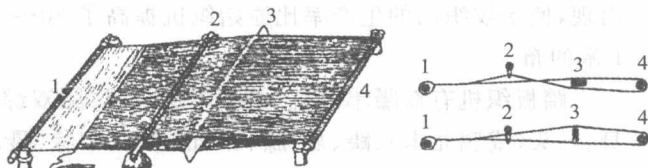
最早的织物是靠“手经指挂”来完成的。所谓的“手经指挂”,是将一根根纱线依次固结在两根木棍上,再把两根木棍分开使纱线绷紧,用手像编席或网那样进行有条不紊的编结。“手经指挂”不但效率低,而且柔软的纱线极易绞缠在一起,给操作带来困难。后来,随着生产经验的积累,人们在“手经指挂”的基础上发明了具有开口、引纬、打纬三项主要织造运动的原始织机。中国在史前便已使用原始织机,例如,浙江余姚河姆渡新石器遗址第四文化层中曾出土过木机刀、木骨匕、卷布轴等许多原始织机的部件,河南磁山遗址曾出土过不少打纬用的石机刀^①,浙江余杭良渚遗址也曾出土原始织机玉饰件,较复杂的原始织机部件在安阳殷墟遗址、台西村藁城遗址和福建崇安、江西贵溪崖墓中均有出现。

^①宋兆麟.考古发现的打纬刀[J].中国历史博物馆馆刊,1984[7].

原始织机没有机架,主要结构是:前后有两根横木,它们相当于现代织机上的卷布轴和经轴;一把打纬刀、一个纤子、一根比较粗的分经棍和一根比较细的综杆。织造时,织工用分经棍把奇偶数经纱分成上下两层,经纱的一端系于木柱之上,另一端系于织工的腰部,织工席地而坐,利用分经棍形成一个自然梭口后,用纤子引纬,用打纬刀打纬。在织第二梭时,提起综杆,下层经纱提起,形成第二梭口,把打纬刀放进梭口后,立起打纬刀固定梭口,用纤子引纬,用打纬刀打纬。这样交替织造,不断循环。织造时,经纱张力完全靠织工的腰脊来控制。云南晋宁石寨山遗址曾出土一件青铜贮贝器,在这贮贝器盖上,有一组用原始织机织布的铸像,像中妇女席地而坐,有的正在捻线,有的正在提经,有的正在投纬引线,有的正在用木刀打纬,形态十分逼真,我们从中可形象地看到用原始织机织布的全过程(图 1-33)。



图 1-33 云南晋宁石寨山出土
青铜贮贝器上的织妇示意图



1 前横梁,2 支撑在石头上的综片,3 梭道杆,4 经纱梁

图 1-34 埃及卧式落地织机和梭道图

在约公元前 3000 年的埃及前王朝时期也出现了类似的织机,纺织史界称之为卧式落地织机(图 1-34)。在这个织机上,布轴和经轴分别捆绑在四根打入地下的短木桩上绷紧。经纱被分为两层,其中奇数纱系在圆形的“综棍”上。当它被提升产生开口后,就可以穿过纬纱。为了获得反向开口,让下一道纬纱通过,偶数纱必须被提升,这道工序由扁平的木条“梭道杆”完成。打压纬纱的工具具有两个,一个是平的木制刀,另一个是尖棍或羚羊角。纬纱可以缠成一个球,或者绕在杆卷轴上。

原始织机的出现是新石器时代纺织技术的一次飞跃。原始织机上的综杆、分经棍和打纬刀,使其具有了机械的功能。综杆能使需要吊起的经纱同时起落;纬纱引入一次,打纬刀便能把纬纱打紧,使织造出的织物紧密均匀;提综杆不但使生产效率提高,而且为织纹的发展开拓了广阔的前景。总之,原始织机的出现,不但能提高织造织物的产量和质量,而且为后世织物品种和纹样的发展创造了条件。

(二) 踏板织机

踏板织机是带有脚踏提综开口装置的纺织机的通称。织机采用脚踏板提综开口是织机发展史上一项重大发明,它将织工的双手从提综动作中解脱出来,以专门从事投梭和打纬,大大提高了生产率。

踏板织机最先出现在中国,但它最早出现在什么时候,目前尚缺乏可靠的史料说明。《列子·汤问》所载纪昌学射的故事中有“偃卧其妻之机下,以目承牵挺”一句,牵挺即踏板;史书记载战国时期诸侯间馈赠的布帛数量比春秋时高达百倍;近些年来各地出土了许多刻有踏板织机的汉画像石,研究者根据这些实物史料,推测踏板织机的出现至少可追溯到战国时代,到秦汉时期,黄河流域和长江流域的广大地区已普遍使用。欧洲在13世纪初时才始见踏板织机使用。踏板织机的出现,使平纹织品的生产率比原始织机提高了20~60倍,每人每小时可织0.3~1米的布。

踏板织机有双蹶单综机、单蹶单综机、双蹶双综机几种形制。主要机构有机身、马头(或鸦儿木)、蹶、复、膝、综、筘等,其中综、蹶、马头(或鸦儿木)系织机的提综装置(马头或鸦儿木因其外观形状酷似所言而得名)。筘的作用是控制经密、布幅和打纬,筘在织机上有两种安装方式:一是将竹筘连接在一个较重的摆杆上,借助摆杆的重量打纬;二是将竹筘用绳子吊挂在两根弯竹竿下,借助弯杆的弹力打纬。

双蹶单综机是以两块脚踏板控制一片综的提升,综只起提经作用。汉画像石中出现的斜织机即为此机型(图1-35)。其机架左右两边的立柱上分别装有一个提综用的马头。马头的前端系着综片,中后端则装有两根横杆,中间的作为中轴和“压交”之用,后边的作为“分交”之用。机座下的两根踏杆,一根与一提综杆相连,提综杆又与马头相连;另一根与综片下端相连。当与提综杆相连的踏杆被踩下时,提综杆使马头前倾上翘,连接底经的综片将底经提升,同时中轴也相应地向下压迫面经,形成一个三角形梭口。当与综片相连的踏杆被踩下时,综片下降,底经也随之下降,底经和面经恢复成初始梭口状。

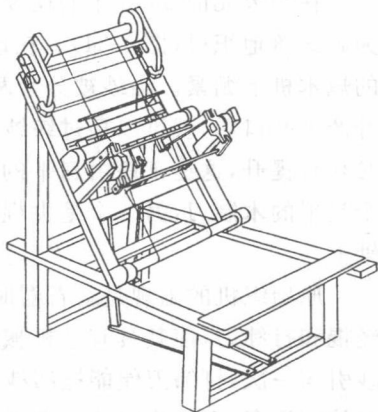


图 1-35 汉画像石中出现的斜织机

单蹶单综机是以一块脚踏板控制一片综的提升,综亦只起提经作用(图 1-36)。单蹶单综机的机架,左右两边立柱分别装有与“马头”作用相似的“鸦儿木”。鸦儿木的前端系着综片,后端与踏脚板相连。连接两鸦儿木的偏后端的横棍,实即压经棒。当踏脚板被踩下时,鸦儿木上翘提起底经,压经棒下沉将面经下压,形成梭口。当踏脚板被放开时,鸦儿木和综框靠自重恢复到原来的位置,梭口也恢复到初始状。



图 1-36 单蹶单综机

双蹶双综机是以两块脚踏板分别控制两片综的提升,每片综均兼有提经和压经的作用,它们轮流一次提经,一次压经。踏板与综的连接有两种方式:一种是两踏板分别与机架上的两杠杆一端相连,两杠杆的另一端分别与两片综的上部相连。在南宋梁楷的《蚕织图》、元代王祯的《农书》、清代卫杰的《蚕桑萃编》中均记载有这种机型(图 1-37)。一种是两踏板分别与两片综的下端相连,两片综的上端则分别连在机架上方一杠杆的两端。当一踏板被踩下时,与此相连的综片下降,而另一综片因杠杆的作用被提升,形成一个较为清晰的梭口。当踏动另一踏板时,亦然。清代卫杰的《蚕桑萃编》所载织绸机,即为这种机型。

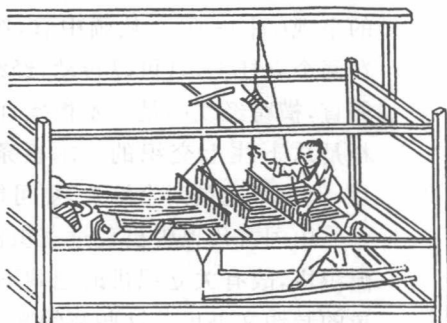
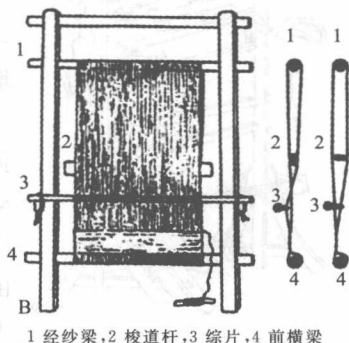


图 1-37 双蹶双综织机, 采自卫杰《蚕桑萃编》

(三)立织机

立织机的经纱平面垂直于地面,也就是说形成的织物是竖起来的,故又称竖机。欧洲大概在 13 世纪初才出现水平框架的织机,在这之前所用织机皆为立织机。

公元前 1400 年埃及就已使用带有两根梁的立式框架织机(图 1-38),并一直沿用到今天。这种织机上的经纱是通过固定在矩形木制架上的两根轴绷紧,织工坐在织机底部工作。在现代巴勒斯坦、叙利亚和希腊保存下来的这种织机,其综片和梭道杆的布置,与前述卧式落地织机相同,但是用压毛刀、销子和精梳三种



1 经纱梁, 2 梭道杆, 3 综片, 4 前横梁
图 1-38 埃及立式两梁织机和梭道示意图

工具打纱。

公元前 5 世纪,希腊人用的织布机也是竖立的,而且有经线吊坠。在公元前 5—前 4 世纪的一些希腊花瓶上,就绘有这种类型织布机的图画(图 1-39)。织布机的经轴支撑在两个立柱上,经线靠下面的吊坠绷直,从上往下交织。这样的结构意味着上面的经轴是可以转动的,随着交织的进行,可以将布料卷起来,以保持一个恒定的操作高度。公元 4 世纪的罗马织布机也是竖立式的,一幅 4 世纪的绘画对此有直观的呈现(图 1-40)。从画中看,织机的经轴支撑在两个立柱上,且可以转动,经线靠下面的布轴绷直,横跨经线的是一木板条,而且可以看出布料是从下往上交织的。木板条可能是一个综片,但也可能是两个综片,更可能是一个综片和一个吊坠式织机中的梭板。



图 1-39 希腊花瓶上的织布机, 公元前 4 世纪



图 1-40 罗马晚期的竖立式织布机

中国古代也曾出现过立织机,但使用范围不广,仅局限在少数几个地区,非主流织机,故有关立织机的记载不是很多。现在能看到的最早记载是在敦煌遗书收录的契约文书里。这些契约文书的年代约在唐末和五代之间,其上记载了不少立织机织品的名称和数量,从上面提及的“立机”“好立机”“立机继”等名目以及敦煌莫高窟五代壁画中出现的立织机图像来看,这段时间新疆地区基本是用它织制毯类和一些粗纺毛、棉织品的。宋元时期,立织机传入内地,山西省高平县开化寺宋代壁画的立织机图像、元书《梓人遗制》所载山西立织机图像,说明立织机在山西境内的某些地方是很常见的。明清时期,立织机因其经轴位于织机上方,更换不便,不能加装多片综织造,只能用于生产一些平纹织品,不能织制花色织物,打纬做上下运动,较难掌握纬密的均匀度等缺陷,不但没有得到进一步普及,而且在一些使用地区也被逐渐淘汰了。

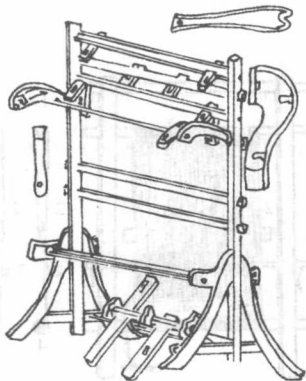


图 1-41 《梓人遗制》中的立织机

中国的立织机结构远较其他国家的立式织机复杂。据元代薛景石《梓人遗制》的记载和配图解析,经轴置于机架 upper 端顶部,经丝自上至下展开,通过分经木将经丝分成两组,两旁有形似“马头”的吊综杆,由吊综绳连接于综框,再由下综绳连于长短踏板。织工脚踏两根踏板,牵动马头上下摆动,交换经丝,用梭引进纬丝,然后用筘打纬(图 1-41)。

中国的立织机结构远较其他国家的立式织机复杂。据元代薛景石《梓人遗制》的记载和配图解析,经轴置于机架 upper 端顶部,经丝自上至下展开,通过分经木将经丝分成两组,两旁有形似“马头”的吊综杆,由吊综绳连接于综框,再由下综绳连于长短踏板。织工脚踏两根踏板,牵动马头上下摆动,交换经丝,用梭引进纬丝,然后用筘打纬(图 1-41)。

(四) 多综多蹑纹织机

多综多蹑纹织机是一种出现在战国时期,用以织制花纹循环数不是很大的几何花纹织物的织机。它实际上也是一种踏板织机,其特点是,机上有多少综片,便有多少脚踏杆与之相应,一蹑(踏板)控制一综,综、蹑数量可视需要随意添减。

在历史上,这种织机最多加挂的综、蹑数量达到 120 综、120 蹑。《西京杂记》记载,在汉宣帝时,“霍光妻遗淳于衍蒲桃锦二十四匹,散花绌二十五匹,绌出巨鹿陈宝光家。宝光妻传其法,霍显召入其第,使作之。机用一百二十蹑,六十日成一匹,匹值万钱”。1972 年,湖南省长沙马王堆汉墓出土的茱萸纹锦、鸣凤纹锦、孔雀纹锦、夔龙纹锦和游豹纹锦等多种织锦,经分析均由多综多蹑纹织机织造。另外,在其他一些地方先后出土的东汉绌锦丝织物,经分析,其中也有不少是用多综多蹑纹织机织造的。

近代四川省成都市双流县沿用的丁桥织机,便是一种典型的多综多蹑织机。因为它的脚踏板上布满了竹钉,状如四川乡下河面上依次排列的一个个过河桥墩“丁桥”,故名。其结构如图 1-42 所示。这种织机的综片分为两种,机前 1~8 片是专管地经运动的伏综,又称占子。其开口传动如图 1-43 所示,踏下踏板,通过横桥拉动占子的下边框下沉,使经丝随之下沉;松开踏板,机顶弓棚弹力拉动占子恢复原位,使经丝也随之恢复原位。除伏综外,其余综片皆为专管纹经运动的花综,又称范子。其开口传动如图 1-44 所示,踏下踏板,鸭儿木拉动范子提升,使经丝随之上升;松开踏板,综片靠自身重量和经纱张力恢复原位。因踏板数量太多,为避免踏动时踏到相邻的踏板而影响综片的正确运动,相邻踏钉的安装位置是有差异的,一般是每隔几根安在同一位置。另外,在织花绌时,如所有踏板按控制花综和地综分开排列,则幅度太宽,操作不便,故将控制地综的踏板放在控制花综的

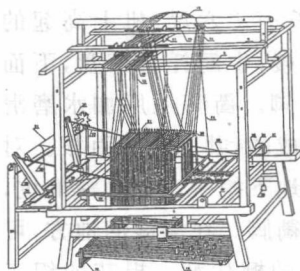


图 1-42 丁桥织机示意图

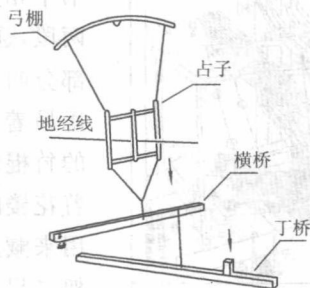


图 1-43 占子开口传动示意图

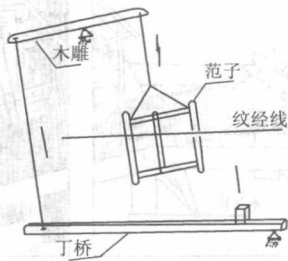


图 1-44 范子开口传动示意图

踏板中央。踏左部分时,左脚管花,右脚管素,踏右部分时,右脚管花,左脚管素。据调查,用它可生产出凤眼、潮水、散花、冰梅、缎牙子、大博古、鱼鳞杠金等几十种花纹花边以及五色葵花、水波、万字、龟纹、桂花等十几种花绫、花锦。这些产品纹样宽度一般是横贯全幅,纹样长度不等,但均不超过几厘米。生产时加挂综片和踏杆的数量,视品种的花纹复杂程度而定,如生产“五朵梅”花边时,用综 32 片,用踏杆 32 根,老工匠平均每分钟投纬次数为 110 梭,一般工匠也可达每分钟 80~100 梭。

(五)花楼提花机

花楼提花机是一种织制复杂纹样和大花纹循环的织机,其最大特点是靠花本储存提花信息,提花经线不用综片控制,改用线综控制,有多少根提花经线,就用多少根线综与之对应,而且升降运动相同的线综是束结在一起吊挂在花楼之上的。它突破了以往织机只能以综片提升经线的旧框框,使可灵活提升的经线数量大大增多,织制织物不再受织机综片数量束缚,能够随心所欲地设计织物花纹,代表了中国古代提花技术的最高水平。

成型的花楼提花机出现年代,根据文献记载和出土文物推测,应不晚于汉代。汉以后,花楼提花机经六朝和隋唐几代的改进和提高,到宋元时已臻于完善,并分化成小花楼提花机和大花楼提花机两种机型。大、小花楼机的主要差异是:前者可织制各种大型复杂的纹样,后者织制的纹样相对来说则简单一些;前者提花纤线多达 2 000 根以上,后者提花纤线仅 1 000 根左右;前者因其花本太大只能环绕张悬,后者的花本只需分片直立悬挂。

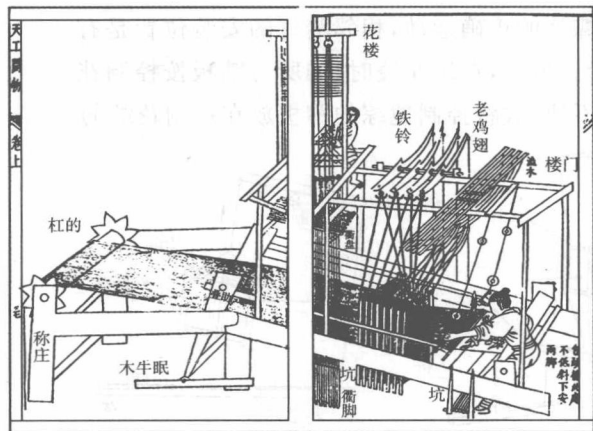


图 1-45 《天工开物》中的花机图

小花楼提花机的结构和操作方法,在明代宋应星所著《天工开物》一书中有文图并述(图 1-45)。书中相关文字大意是:提花机分成两段,通长一丈六尺,机上高起的部分叫花楼,中间托着衢盘,下面垂吊着衢脚。衢脚是用加水磨滑的竹棍制成的,共一千八百根。对着花楼的地下挖一个二尺深的坑,用来藏放衢脚。在潮湿的地方,可架二尺高的棚代替。提花的织工

半坐半立在花楼木架上。花机后端有一卷丝用的杠(经轴),中部有两根打筘用的叠助木(压木),两根叠助木上各垂直穿一根长约四尺的木棍,棍尖插入筘的两头。为使叠助木的冲力大,前一段机身水平安放,自花楼朝织工的一段机身则向下倾斜一尺左右。织纱罗的叠助木比织绫绢的轻十多斤才好。如在软纱、绫绢上织水浪、梅花等小花纹,只要比织素罗时多加两片综,由一个人踏织就行了,花楼上不用人,也不必安装衢盘和衢脚。

大花楼提花机的代表机型是南京妆花缎机(图1-46)。据研究,此类织机的结构可分为五大部分,即机身承架部分、花楼提花机构、开口机构、打纬机构和送经机构。整体构造和五大部分的机件名称如图1-47所示。其中1~6系送经机构的部件,对应的名称是排燕、拖泥、判官、的杠、羊角、搭角方。7~18系机身承架部分的部件,对应的名称是机身、机腿、狗脑、局头、门楼柱、头道楼柱、二道楼柱、门楼梁、头道火轮圈、二道火轮圈、燕翅、八字撑。19~24系花楼提花机构的部件,对应的名称是冲天柱、冲天盖、花机、花簪、千斤筒、架花竹。25~34系开口机构的部件,对应的名称是立人、撞杆、立人销、鬼脸、撞机石、立人盘、筘框、牛眼睛、将军柱、高压板。35~44系打纬机构部件,对应的名称是三架梁、鸭子嘴、弓棚、障子、范子、鹦哥架、城墙垛、鹦哥、踏板、横杆。

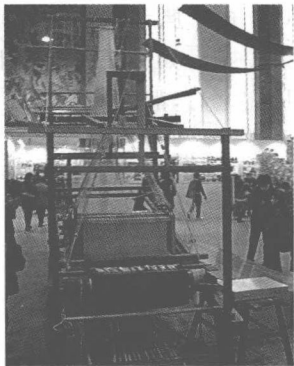


图 1-46 南京大花楼妆花缎机

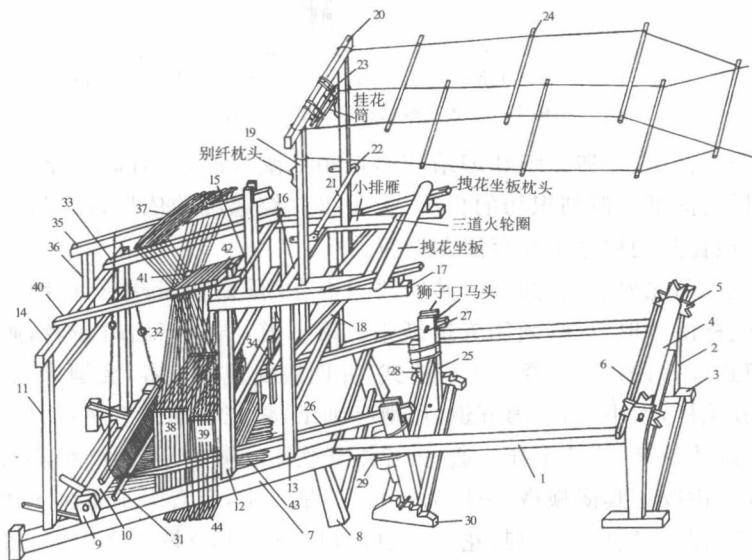
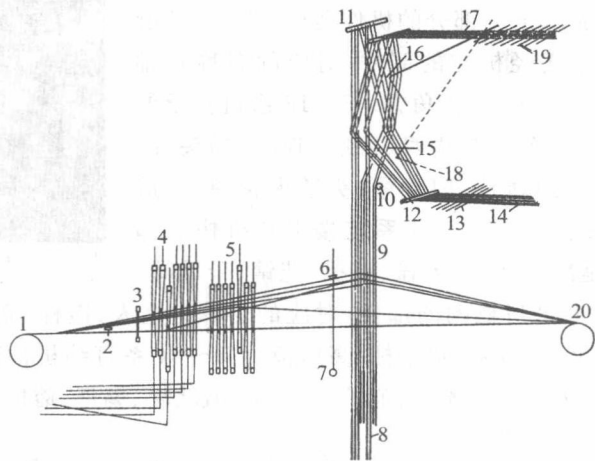


图 1-47 妆花缎机结构图

其提综、提花过程如图 1-48 所示:装造完毕,织花工和挽花工在机上就位后,挽花工按花本设计编排的次序,先提起脚子线与纤线勾连处的 1 根耳子线,将应起的上层脚子线分开,一手抓住分出的脚子线和纤线,一手清理余下的脚子线和纤线。当挽花工抓住分出脚子线和纤线的手提起,带动经丝上升形成梭口,织花工引纬后,挽花工放下余线将提起的耳子线从上磨口中抽出,掏入下磨口,提过的耳子线就越过脚子线与纤线勾连处。如此反复,整个花本都从上磨口转入下磨口。由于脚子线是对接成环状的,可通过转动脚子线将花本重新返回到上磨口继续提花。如果是织制上下对称的花纹,脚子线两头不必对接,可各自捆扎,待花本提完之后,颠倒提花次序,将花本从下磨口翻回上磨口。



1 卷轴,2 梭,3 箱,4 障子(接弓棚),5 范子(接鹦哥),6 压丝板,7 秤砣石,8 衡脚,9 纤线,10 花机,11 千斤筒,12 挂花筒,13、19 花本,14 脚子线,15 下磨口,16 上磨口,17 耳子线,18 提花后转入下磨口的耳子线,20 经轴

图 1-48 妆花织机提综、提花示意图

在提花工艺中,装造系统和编结花本是相互配合的,二者缺一不可。因为花本是把纹样由图纸过渡到织物的桥梁,也是提花综起沉的依据,就好像一个程序存储器,经线提升的程序全部存储在里面。

挑结花本前先要绘出意匠图,其绘法卫杰在《蚕桑萃编》中有详细记载,并称之为挑花纸格法:“取花样,须用五道纸张。第一道,自己想出时新者,画出为式;第二道,照式画好;第三道,择画工好样式,并四镶安置玲珑者,套画一张;第四道,用底纸粘放花样,大小合式;第五道,用薄亮细纸,将花样描画干净,然后打横顺格式,用铅粉调清凉水,使笔全抹一通,方免纸光伤眼。候粉干,用红绿洋膏子色,记明码号,方好挑取。其横顺格,一格为一片,即是一空,空有大小多少不等,此以数结成横格者,梭数目也。一切起花,皆在梭数目横顺上分辨。”文中的横向格子代表纬线,纵向格子代表经线,亦即经纬交织排列顺序。

挑花结本的工作在意匠图绘好后便可开始。它有挑花、倒花和拼花三个工艺方法,这三个工艺视纹样要求,可单独运用,亦可穿插、结合运用。

挑花是根据意匠图的经纬交织排列顺序,用丝线或棉线挑制出所制花纹的规律,经线显花的挑经,纬线显花的挑纬。通常挑经的线称为脚子线,挑纬的线称为耳子线。脚子线的根数和单位纹样内经线根数相同,长度则随纹样配色和纹样长度而变化,一般是纹样长度的十倍左右,配色较多的还需适当加放长度。耳子线的根数是根据纬密乘单位纹样长度再乘配色数来确定的,也就是单位纹样内纬向有几个颜色,耳子线便有几根,它的长度一般为六尺多。

倒花是在花纹对称循环时采用的省工方法。它是根据已挑成的局部花本,复制出对称的相同花本,如挑制对合、四合纹样时,只需先挑制出一个单位花纹,再复制倒出另外一个或几个花纹,再将倒出的几个对称单位花纹拼合成一个完整的花本。

拼花是挑制大面积纹样时经线太多超过棚子时使用的方法。其法是把上下层花本的脚步子线并列,以上层花本为基础,用上层花本的耳子线,把下层花本的耳子线替换下来。拼花过程中要注意脚子线和耳子线的排列顺序必须完全相同,如出现差错,提花后即造成错花次品。

挑结花本须在挑花棚子上进行。挑花棚子的模式在《蚕桑萃编》中也有介绍:“用坚细木四条,两长两短,约宽一寸五分,厚二寸。两长条两端凿眼,贯以短横条,中空,长三尺六寸,宽一尺八分。上横条钉圆竹钉十颗,以挂纤线,下横条钻十圆眼,以穿纤线。作横木板领之,傍左长条里。逗走马竹一根,以穿过线。外用箬两张,以分上下。”

挑花结本是提花技术中最难掌握的技术,必须准确地计算纹样的大小和各个部位的长度以及每个纹样范围内的经纬密度和交结情况,不得稍有疏忽,否则提花织造时按错误的花本耳子线次序提升,必然出现错花,甚至断丝卡机的状况。这样不仅织不出设计好的图案,还造成大量人力物力的浪费。为此,宋应星在《天工开物》中有这样的感叹:“工匠结本,心计最精,天孙机杼,人巧备矣。”意思是说,结花本是个需要精密思考的工作,实在可以和天上织女的织作技巧相比。由于技术要求非常高,挑花结本在很早的时候便成为一种独立的职业,如明代文献就明确记载四川成都的市场上常有人专门出售各式花本。

花楼提花机以花本存储提花信息、控制线综的方式,开创了用编排好的程序控制经丝运动的先河,促进完善了织造工艺,带动了许多新织物品种的发展,不仅为中国的绫、缎、锦等类大花纹循环织物的繁荣奠定了基础,对外国纺织技术的进步也影响极为深远。13世纪后,中国的提花技术传到欧洲,欧洲人因吸取这些技术,并受这些技术的启迪,取得了许多机械的革新。

(六) 飞梭装置的发明

1733 年,出生于英国兰开夏郡的约翰·凯伊(John Kay)发明了一种用于织机上投纬、打纬合二为一的装置——飞梭(图 1-49),极大地提高了织布效率,被誉为 18 世纪英国棉纺织工业的三大发明之一,对纺织业有历史性的重大影响。

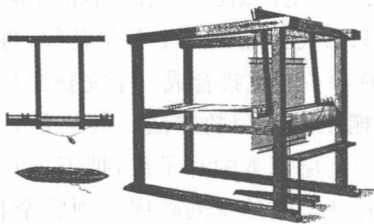


图 1-49 飞梭装置及在织机上的位置

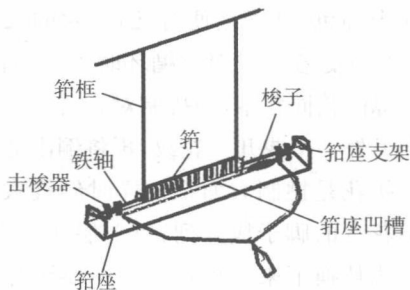


图 1-50 飞梭装置结构图

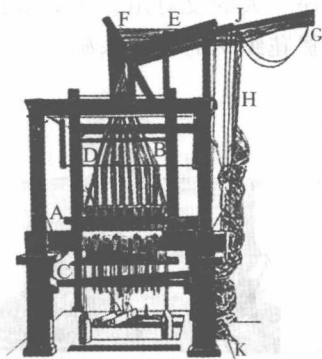
飞梭装置由击梭器、梭子、箱、支架、手柄、箱座、箱座支架、铁轴几个部件组成(图 1-50),架放在机框上端的两根横梁上。箱座位于箱的前面,上面有一凹槽。经纱未开口时是紧贴在箱座上的,因此在箱座上面进行的经纱开口操作,不会影响打箱。在两端的箱座和箱框支架上各固定一根铁轴,各套装一“H”形可以沿铁轴滑动的击梭器。两击梭器中间用一有木把手的松弛细绳把两个击梭器连接在一起。铁轴在箱框一端另各安有一格挡,以防止击梭器进入梭口。梭子下面有 4 个小轮,放在箱座上的凹槽里,梭体略高于紧贴在箱座上的经纱面下层。具体操作方法是:投纬后,从一个方向急拉细绳,击梭器会将梭子射过经纱开口并被对面的击梭器挡住,再向相反方向急拉将它射回来。采用这种方式,一个人可以织任意宽度的布,织造的速度也显著提高。

装有飞梭装置的织布机较之以前的织布机效率要高得多,它的出现导致了困扰英国家庭纺织手工业和纺织手工工场业 30 多年的纱荒,从而促进了珍妮纺纱机、水力纺纱机、水力织布机的相继发明。有人指出:如果没有 1733 年飞梭的发明,就不可能有其后一系列纺织机械的发明,也不会引发工业革命。可见,飞梭的发明是导致英国纺织技术革命、英国工业革命爆发的“蝴蝶效应”中的“蝴蝶”因素。

约翰·凯伊作为飞梭的发明人,飞梭既带给他不朽的名声,也带给他不幸。因为飞梭在织机上普遍应用后,很多织布工丢了工作,他们把怨恨发泄在发明人身上,约翰·凯伊的住所多次遭到袭击,迫使他不得不迁往法国居住,最后客死他乡。

(七)自动提花机的发明

13 世纪中国的提花技术传入欧洲后,首先在意大利的丝绸制作中心得到应用,15 世纪后随着丝绸工业进入法国,并得到官方的鼓励,法国人开始进行丝绸织造,很快,法国里昂的丝绸业开始繁荣起来,并成为欧洲丝织业中心。到 17 世纪时,手工提花织机因法国的加朗捷、布拉什、当贡等人的改进而有了很大变化。

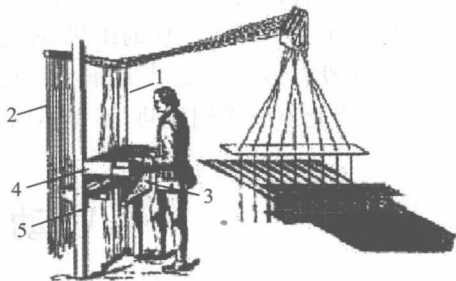


当贡发明的织布机,约1605—1620年。
A 经线, B 挂钩, C 金属衡脚, D 衡盘,
E 尾索, F 滑轮, G 系尾索的杆, H 在
J 点和尾索系在一起的牵线,并固定在
基座 K 上。采自辛格《技术史》

图 1-51 当贡发明的织机

当贡等人改进后的机器称为纽扣提花机。在这个机器里有 800~2 400 根综束,牵线根据花纹联合成组,通过第二个衡盘,终止于纽扣或者小重锤。当纽扣被拉下时,适当的综束被提起,形成一个合适的梭口(图 1-51)。要被拉起的每组综束都系在牵线手柄上。每次投梭之前拉住相应的手柄,就能提起所要的经线,从而织出各种花纹。提拉牵线的任务通常由没有专门技术的助手“拉花工”来完成,因其牵线长曳到地,而且杠杆在选出的线后面滑动,使得拉花工可以举起额外的金属衡脚的重量。如要替换它上面的花本和吊综装造,需花费一个技工两个星期的时间,且每次替换花本均得重复这个过程。

最早进行提花织机机械化尝试的是一个名叫梅森的英国人。他在 1687 年申请了专利,但他的发明并不实用。第一个被普遍认可的提花机械装置是一个名叫布雄的法国人于 1725 年发明的,这个装置能自动地选择哪一个吊综被拉动(图 1-52)。吊综的细线穿过一排纹针的针眼,针能在盒子里滑动。根据花样打好孔的纸围绕着打有孔的滚筒,滚筒正对着安装有纹针的盒子,滚筒前压时纸上有孔的纹针穿入孔内保持原来的位置,纸上无孔的纹针被向后推,从而带动与它们穿在一起的细线,细线上结有小珠,一个用脚控制的梳状杆作用于发生位移的小珠,下拉被选中的细线,所有被选中的细线及相连的吊综形成一个提花开口,每投一次纬,



1 吊综, 2 尾综, 3 纹纸, 4 纹针盒, 5 梳状杆

图 1-52 布雄发明的提花织机

卷纸滚筒旋转一下,重复以上动作,形成下一个提花开口。1728年,福尔肯改善了布雄的发明,增加了数排纹针,用打孔卡纸取代了打孔纸,并把它们边对边连接起来,每一张卡纸代表一梭纬线要选择的纹针,这样简化了花样替换操作,但卡纸仍要用手持打孔板正对着压动纹针。1745年,著名机械发明家沃康松改进了布雄和福尔肯的设计,将纹针盒置于织机的顶上,去掉了吊综和尾综,打孔卡纸围绕在一个滑行的滚筒上选择纹针,通丝综线直接绑在钩子上,用铁片拉起钩子。选针过程无需拉花工的帮助就可完成。不过,没有证据表明这种机器曾使用过,因为结构特别复杂的圆筒存在明显的设计缺陷,使它的可操作性大打折扣。但有位历史学家说这种机器之所以没被使用,是因为来自里昂工人的反对阻止了它效能的发挥。但不可否认的是,沃康松的发明奠定了自动提花织机的设计基础。

1799年,来自法国里昂的贾卡综合前人的革新成果,制成了与当代提花机结构原理相近的纹板传动机构以及配置更为合理的脚踏式自动提花开口织机(图1-53)。他的机器采用安装在小车上的方形提花“滚筒”和首尾相接的“纹板”。当踏板松开时,小车在重锤的作用下向右滑动,滚筒压住纹针。如纹板上有孔时,纹针不动,钩子落入铁片;如纹板上无孔时,纹针被推动,它再将钩子推离铁片。当踏下踏板时,通过杠杆,铁片先被提升,将落入其中的钩子全部提升,随后踏板拉动小车向左移动,使推离铁片的纹针复位,接着在翻花钩子的作用下,“滚筒”翻转四分之一,下一块纹板被置于纹针的正面。铁片到达最高点时形成一个提花开口,且每一次踏下与放开单踏板会产生一个提花开口。操作时只需一人就能织出600针以上的大型花纹。贾卡将花本与纹综分离的革新,为机械传动提花开口奠定了基础,也为以后电动提花机取代手工提花机创造了条件。1801年,贾卡织机在巴黎展览会上获青铜奖。自此以后,贾卡织机在商业上大获成功。到了1812年,里昂大约安装了1.8万台这样的织机,给这座城市带来了巨大繁荣。而对贾卡自己来说,他并没有因这项发明获得巨大的收益,反倒是因为其发明威胁了纺织工人的生计,因此不断受到威胁,不得不四处躲避,最终死于贫困。

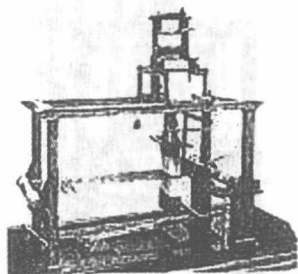


图 1-53 贾卡织机

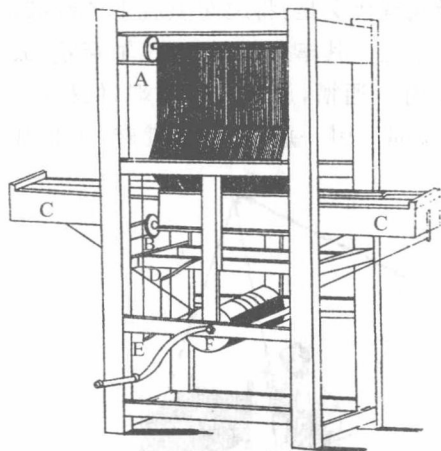
(八) 动力织布机的应用

水力纺纱机普遍应用后,纱线产量激增,又造成了与仍旧以人力为动力的织布工序的不平衡,刺激了人们发明高效织布机的热情。第一位尝试着把动力织机投入

使用的英国人来自纺织行业之外,1784年,一个叫卡特莱特(E. Cartwright, 1743—1823)的牧师创制了世界上第一台动力织机的样机,并在第二年申请了专利。此后的几十年内,可以把织布效率提高数十倍的动力织机在纺织厂得到了广泛应用。

关于这项发明,流传着一个故事。1784年,一位早年曾渴望参加海军但未能如愿的牧师卡特莱特,在一次与纺织界实业家的偶然接触中了解到当时纺纱与织布失调的情况,便插话说:“这样说来,现在发明更精密的织布机已迫在眉睫了。”一个实业家回答说:“那当然,不过绝不会是您,我亲爱的牧师。”这次谈话以后,卡特莱特决心要从事这项发明,于是他亲自到已应用动力的各个纺纱厂去参观、调查。经潜心钻研、实验,到1785年,他终于发明了一种水力推动的织机,把织布效率提高了40倍。1791年,他在曼彻斯特建立了第一个用这种织机装备的织布工厂。当地一家地方报纸报道,在他的工厂里,一个小孩看管水力织布机一天织的布相当于用老办法一周织的布的数量。一些实业家看到后,争相投资经营,很快,曼彻斯特得到许可的生产商都采用了这种机器。由于新机器的发明和使用使大量工人失去工作,沦为失业大军,而且许多织布工人也因机器的高效而大大增加了劳动强度,结果劳资矛盾激化,发生了愤怒的工人烧毁多座织布工厂的悲剧。为此,卡特莱特不得不迁居伦敦,从此没再从事工业经营活动。到1823年他逝世的时候,他所发明的织布机已在全欧洲被采用了。

卡特莱特的专利样机如图1-54所示,主要机件有经轴、织轴、用于击梭的弹簧盒子、用于提筘的杠杆、用于提起综线的杠杆、传动给杠杆的圆柱形转轴等。机器



A 经轴, B 织轴, C 里面包括用于击梭的弹簧的盒子, D 用于提起筘的一个杠杆 (在另一面也有一个), E 用于提起综线的一个杠杆 (在另一面也有一个), F 转轴 (传动给杠杆)

图 1-54 卡特莱特发明的动力织机示意图

运转时,圆柱形转轴通过旋转带动绕在其上的皮带运动,皮带在整个系统中形成环路,皮带在经纱后面用于击梭的弹簧盒子两端通过摩擦凸轮轴带动凸轮转动,从而击打梭子,完成投梭。就这台专利样机的整体结构而言,有着严重缺陷,它的梭子是用弹簧推动的,这使得穿梭动作太急促,而驱动力是由一根单轴提供的,这使得所有的动作都很生硬,但它的最大贡献在于表明了用动力纺织不是不可能的。在1787年和1792年时,卡特莱特又对动力织机进行了两次改进,并均获得了专利,最终使改进后的动力织机成为纺织工厂的织布机设备。

(九)络纱和整经机具

在纺纱后,必不可少的操作是将纱线从锭杆上取下来,卷绕在纬线和经线的筒管上,同时,在卷绕中给纱线以适当的张力,使筒子成形良好,便于退解,并去除纱线上的各种疵点,这一过程便是络纱。整经则是织造准备工序中的重要工艺,是指将规定长度和根数的经纱,按某种规律平行卷绕在织轴上。

(1)络车

中国早在汉代就普遍使用络车络纱。江苏铜山洪楼出土的东汉画像石以及各地出土的汉代画像石,有些便刻有正在操作络车的人物形象(图1-55)。中国古代络车的形制有很多,结构简单的络车有南北络车之分(图1-56、图1-57)。



图 1-55 江苏铜山洪楼出土的东汉画像石

文献中关于络车的记载,《方言》有“河济之间,络谓之给”的说法,郭璞注“所以转簞给事也”。《说文解字》有“车榦为柅”、《通俗文》有“张丝曰柅”的说法,这里的“柅”南北络车通用,是张纱绞的装置,由竖立在地面上的四根木棍,或者由每两根一组下装底座木棍组成。王祯《农书》对北络车的构造和用法记载得比较详细,其文译成现代文是:将辘车上脱下的纱绞,张于柅上,柅上作一悬钩,引纱绪过钩后,逗于车上。其车之制,是以细轴穿簞,放于车座上的两柱之间。两柱一高一低,高柱上有一通槽,放簞轴的前端,低柱(上有一孔)放簞轴的末端。绳兜绕在簞轴上,手拉绳一引一放,则簞轴随转,于是纱



图 1-56 《农政全书》中的南络车

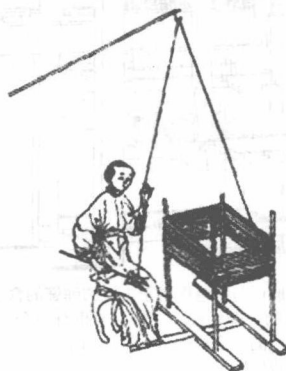


图 1-57 《蚕桑萃编》中的北络车

就络在簠上了。宋应星《天工开物》则对南络车的构造和用法记载得较具体,其文译成现代文是:在光线好的屋檐下,把木架铺在地上,木架上插四根竹竿,名叫“络竿”。纱套在四根竹竿上。络竿旁边的立柱上八尺高处,斜安一小竹竿,上面装一个月牙钩,纱悬挂在钩内。手拿簠子旋转绕纱,以备牵经卷纬时用。小竹竿的一头坠石,成为活头,接断纱时,一拉绳小钩就可落下。对比两书记载,南北络车都用张纱的“梩”和卷绕纱线的“簠”,但纱上簠的方式两者却是大不相同。北络车是用右手牵绳掉簠,左手理纱,绕到簠上;南络车则是用右手抛簠,左手理纱,绕到簠上。由于北络车转簠动作采取了机械方式,纱簠旋转速度快而稳,所以它的生产效率 and 络纱质量远较南络车为优,古人所谓“南人掉簠取丝,终不若络车安而稳也”的评论,正是对此而言的。图 1-58 所示是中国广西白裤瑶族迄今仍在使用的

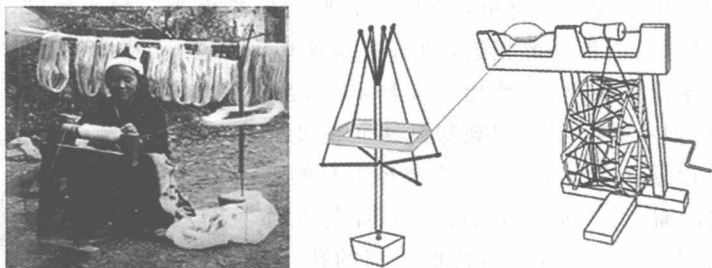


图 1-58 广西白裤瑶族的传统络车

一种传统络车。它由绕线和线框两部分构成。绕线部分的地框由 2 块长约 50 cm 的方木构成,呈“T”字形,地框上有用于置放绳轮的两立柱,高约 47 cm。绳轮的制作方法和形制与手摇纺车相同,轮径约 40 cm,轮宽约 22 cm。绳轮的轴与手柄为一体。立柱上端安装有一“山”形木框,长约 69 cm,高约 17 cm。“山”形两口横贯一轴,其中一山口的轴上固装一哑铃状木块,绳弦绕过它与绳轮相连。另一山口的轴上套装线球纤管。线框部分的地桩由长、宽、高为 15 cm×15 cm×10 cm 的木块或石头经简单加工而成。线框轴长约 30 cm,以铁轴或木轴为之,垂直固装在地桩上。一个长约 60 cm、直径远远大于轴的竹管外套轴上。竹管中部横贯两细竹,上口端另插 4 细竹。用线分别将此 4 根细竹的顶端与横贯细竹一端相连,并绷紧成伞状。

欧洲在 14 世纪以前,络纱使用的工具是一长约 11 英寸的板条,用它简单地将纱线卷成一束一束的线捆,以方便上浆和整经。后来板条形状改为十字形互相成直角交叉的板条,它比之长板条更易卷起纱线(图

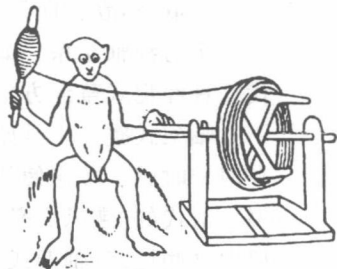


图 1-59 线束绕在一个转动的轮子上。取自 14 世纪伊普尔的《贸易指南》(Book of Trades)的一幅漫画,约 1310 年。采自辛格《技术史》

1-59)。使用时只要清点卷绕的圈数,或者知道了线束的长度和重量,就能计算出纱线的等级或重量。大约在13世纪末,亚洲人使用的络车传入欧洲,并很快形成了标准的规格,即其周长是长度单位的简单倍数,这样能够卷绕出同一规格的纱线来。

(2) 整经架

中国古代整经用的工具叫经架、经具或纛床。整经形式分经耙式和轴架式两种,以经耙式整经为主要形式。

根据将出土文物与民族学资料对照进行的分析研究,有学者认为我国原始的整经是直接在织机上进行或通过地桩进行的。我国彝族地区近代仍保留直接上机整经工艺和地桩整经工艺,有的学者认为河姆渡新石器时代的整经工艺应与此相似。到了春秋时期,地桩整经工艺发展成经耙式整经工艺。在江西贵溪仙水岩春秋战国崖墓中发现的文物里,有残断齿耙三件,耙面为一排小竹钉,相距2 cm;另有经轴一件,与齿耙外形相近,轴面两侧各有一椭圆孔,中间是长方形浅槽,现长80 cm。经分析研究,这些出土文物器具,都是用作整经的工具。尽管它出现的年代较早,但有关的图文记载却是在元代及以后才有的。

根据这些记载,经耙式牵经工具的整体结构大致由溜眼、掌扇、经耙、经牙、印架等几部分结合而成(图1-60)。溜眼为竹棍上穿的孔,作导丝用;掌扇为分绞用的经牌,也称“扇面”,类似于现代的分绞箱;经耙为钉着竹钉或木桩的牵经架子;经牙为架子上的竹钉,它的数量多寡视整经长度而定,若经轴上经线卷绕长度较长,经牙就要多;印架为卷经用的架子。整经时,首先排列许多丝篦于“溜眼”的下面,把丝篦上的丝分别穿过“溜眼”和“掌扇”,而总于牵经人之手。理撝就绪,再交给另一个牵经人,该人来回交叉地把丝缕挂于经耙两边经牙上,直至达到需要的长度后,将丝缕取下,卷在印架上。卷好以后,中间用竹竿两根把丝分成上下两层,然后穿过梳箱与经轴相系。如要浆丝,就在此时进行,如不浆丝,就直接卷在经轴上。古代这种经耙式整经方式与近代分条整经十分相似,很可能就是分条整经的前身。



图 1-60 《天工开物》中的经耙图

整经时,首先排列许多丝篦于“溜眼”的下面,把丝篦上的丝分别穿过“溜眼”和“掌扇”,而总于牵经人之手。理撝就绪,再交给另一个牵经人,该人来回交叉地把丝缕挂于经耙两边经牙上,直至达到需要的长度后,将丝缕取下,卷在印架上。卷好以后,中间用竹竿两根把丝分成上下两层,然后穿过梳箱与经轴相系。如要浆丝,就在此时进行,如不浆丝,就直接卷在经轴上。古代这种经耙式整经方式与近代分条整经十分相似,很可能就是分条整经的前身。

轴架式整经工具始见于楼琬的《耕织图》中,尽管此图过于简单,但表明最晚在南宋时就已普遍使用这种整经工具了。其后,元代的《农书》、明代的《农政全书》、清代的《豳风广义》等一些书籍记载得较为详尽,使我们可以知道它的全貌。根据这些记载,轴架式整经是将丝篦整齐排列在一根有小环的横木下,引出丝绪穿过小环和掌扇绕在经架上(经架的形制是两柱之间架一大丝框,框轴处连一手柄)。一人转动经架上的手柄,一人用掌扇理通纽结经丝,使丝均匀地绕在大丝框

上后,再翻卷在经轴上(图 1-61)。这种经具与经耙式相比,不仅产量高、质量有保证,而且对棉、毛、丝、麻等纤维都适用,故一直沿用至近代。

欧洲早期的整经基本上也是类似于中国经耙式的方法,17 世纪时开始启用整经机。图 1-62 所示是 1687 年在苏格兰使用的整经机。这是一个约 6 英尺高、3 英尺宽,绕垂直轴转动的手动大纱框。架子上有 20 个筒管,上面的线通过一个手持的目板抽出,在纱框上绕成螺旋形。当经纱达到所需长度后就构成纱束。这些线绕过顶端的纹钉,然后在前纱束旁反向卷绕另一纱束,重复这个过程。保持两头纹钉上的线交叉,直到经纱的线达到所要求的数量。时间比这稍晚一些的整经机上的大纱框可用手柄旋转,带动一根绳索和两个滑轮。目板也被针纱箱代替,导纱箱通过绕在纱框轴上的绳子自动提升。导纱箱带有微型的综片,用来分开相间的线以形成交叉,并可容纳 40 根线。经纱被打成环链以防止缠结,绕在经轴上,通过木梳或者分纱箱来使线均匀地隔开,装在织布机的经轴上。

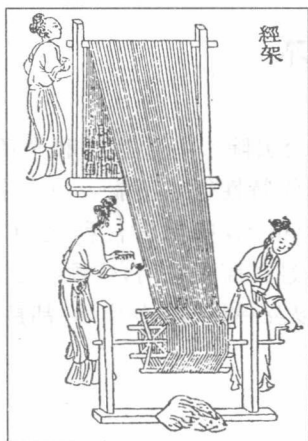


图 1-61 王祯《农书》中的轴架式整经图

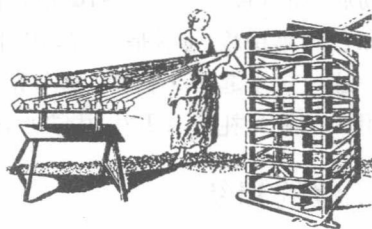


图 1-62 欧洲 17 世纪的整经机。
采自辛格《技术史》

五、染整工艺技术



染整工艺,就是运用染整技术将事先设计好的花色及图案完美无缺地再现在白坯布上,从而使织物彰显生活情趣或富于艺术气息。该工艺主要包括生丝及织物的精练、染色、印花和整理四道加工工序。

(一)精练技术

丝、麻等纺织纤维在缫丝和初加工过程中虽会去除一些共生物和杂质,但不是很彻底,如直接用于织造和染色,纤维良好的纺织特性往往不能表现出来,着色牢度和色彩鲜艳度也不是很好,因此需要进一步精练,中国古代称之为“练”或“涑”。这项技术起源于何时,学术界尚无定论,不过在商周时期,这项技术已被广泛使用,《仪礼》《礼记》《周礼》中多次出现“练”字,以及一些出土的实物,都是佐证。

1. 丝的精练

蚕丝除含有丝素和丝胶外,还含有油脂、蜡质、碳水化合物、色素和无机物等。缫丝过程中,由于水温和时间的关系,只有部分丝胶溶解在水中,大部分丝胶仍保留在丝上。这种丝手感粗硬,被称为生丝,用它织制的绸,称为生坯绸。生丝和生坯绸与我们对丝之光润柔软的印象相距甚远,只有经过精练处理,生丝纤维上的丝胶和杂质才会被去除,生丝变成熟丝后,再经染色,丝纤维才会呈现出轻盈柔软、润泽光滑、飘逸垂悬、色彩绚丽等优雅的品质和风格。中国古代练丝的方法有多种,常用的有水练、灰练、酶练、捣练。

(1)水练和灰练

这两种方法无疑是最先出现的精练丝的方法。最早的文献记载见于《周礼·考工记》中,谓:“涑丝,以浼水沅其丝,七日。去地尺暴之。昼暴诸日,夜宿诸井。七日七夜,是谓水涑。”

其中“以浼水沤其丝，七日。去地尺暴之”是为灰练。大致意思是：将生丝放在草木灰溶液中，浸渍 7 日，然后将湿丝置于距地面一尺处接受日光照射。其工艺流程可概括如下：

生丝 → 浸练 $\xrightarrow{\text{草木灰水浸渍 7 日}}$ 日光脱水 $\xrightarrow{\text{置于距地面一尺处晒之}}$ 熟丝

灰练的工艺原理：丝胶能溶于水、酸性和碱性溶液。在清水中，丝胶的溶解度与水温高低关系很大。水温 60℃ 以下时，丝胶溶解度极小；水温大于 60℃ 以后，水温愈高溶解度愈好。在 100℃ 沸水中，蚕丝 10 小时即可完全脱胶。而在呈酸性或碱性的液体中，常温下丝胶就有一定的溶解度。在水中加入草木灰的目的便是改变水的 pH，使练丝能在常温中进行，以节省时间，提高功效。

“昼暴诸日，夜宿诸井。七日七夜”则是说水练。大致意思是：白天将生丝放在阳光下暴晒，夜晚将生丝放在井水中浸渍，如此交替 7 天 7 夜，便可得到熟丝。其工艺流程可概括如下：

生丝 → 昼晒夜泡 $\xrightarrow{7 \text{ 昼 } 7 \text{ 夜}}$ 晾干 → 熟丝

水练的工艺原理：一是利用日光中所含紫外线照射，使得丝纤维中含有的丝胶熔融，色素降解，起到脱胶、漂白作用；二是利用昼夜温差和日光、水洗的反复交替产生的热胀冷缩，使丝纤维中残留的色素、丝胶和其他一些杂质析出并溶于水中。使用井水清洗，是因为井水的水质、所含矿物质成分和微生物活动相对稳定，有利于丝胶、色素等杂质的分解，有利于提高丝纤维的白度和纯净度。

在《考工记》中还有关于练帛的记载，谓：“练帛。以楸为灰，渥淳其帛，实诸泽器，淫之以蜃。清其灰而盪之，而挥之，而沃之，而盪之，而涂之，而宿之，明日沃而盪之。昼暴诸日，夜宿诸井。七日七夜，是谓水涑。”大致意思是：以楸木灰制成浓度较大的灰水，用其将整匹丝帛浸透。再放置于盛有蜃灰液（浓度较低）的光滑容器内充分浸泡后，清除沉淀物，过滤灰水。再浸泡、再沉淀、再涂蜃灰后放置，第二日再浸湿，再脱水。经以上工序后，胶质基本脱净。而后，水练七日七夜，练帛即告完成。其工艺流程可概括如下：

丝帛 → 初练 $\xrightarrow{\text{楸木灰、蜃灰浸渍}}$ 水洗 $\xrightarrow{\text{挥之，沃之，盪之}}$ 复练 $\xrightarrow{\text{蜃灰涂之放置一宿}}$ 水洗
 $\xrightarrow{\text{沃之，盪之}}$ 昼晒夜泡 $\xrightarrow{7 \text{ 昼 } 7 \text{ 夜}}$ 晾干 → 熟帛

“帛”为织制好的丝织品的总称。“泽器”为表面光滑的器皿。“蜃灰”是由毛蚶、牡蛎、蛤蜊等蚌壳烧制成的灰，主要化学成分为氧化钙，其水溶液呈碱性。根据这段文字所载，练帛工艺实际上是灰练和水练结合在一起，即先经过两次灰练，再水练。亦即先利用浓度较大、呈较强碱性的楸木灰水，使丝胶迅速膨胀、溶解，再利用浓度较小、碱性稍弱的蜃灰水浸渍。蜃灰水的作用，一是把丝胶洗下，二是

使碱剂均匀渗透到丝纤维内,再行脱胶。最后利用水练缓和碱的作用,缓缓脱胶。

练丝和练帛,两者就脱胶原理来说是相同的,区别仅表现在工艺条件和操作上。其原因是帛系已织就的织物,与丝绞相比,有一定的紧密度,在精练时,练液不易渗透均匀,需反复浸泡、漂洗,才能彻底脱胶,因而远较练丝费时、费工。而丝绞由一根根单丝组成,比较松散,练液易渗透,工艺较练帛温和。就成品丝的质量而言,其上残存丝胶过多,不仅影响品质,还不利于以后的染色,但一点丝胶都没有,就不能避免丝纤维在以后的织造过程中因摩擦受损。因此,对于以后无需染色的丝,练丝时不进行彻底脱胶,往往还在丝纤维上适当地残留一些丝胶,以起到保护丝纤维的作用。可见,采用不同的练丝和练帛工艺是基于不同的工艺要求而定的。

(2) 酶练

酶练是用生物酶作练剂,此法出现在唐代。陈藏器《本草拾遗》云:猪胰“又合膏,练缣帛”。猪胰含大量的蛋白酶,而蛋白酶水解后的激化能力较低,专一性强。丝胶对蛋白酶具有不稳定性,易被酶分解,一般在室温条件下就能达到较高脱胶率,且不损伤纤维。孙思邈《千金翼方》记载了用猪胰制澡豆的方法:“以水浸猪胰,三、四度易水,血色及浮脂尽乃捣。”澡豆是古代爽润肌肤的用品,作用同现在的肥皂。此制澡豆法,与明代《多能鄙事》所载制备专门用于丝绸精练的胰酶剂方法很接近,差别是里面没有加入草木灰。说明唐代酶练尚处于肇始阶段,但已发现精练时加入猪胰酶既可以得到较好的脱胶效果,又能使缣帛的色泽较佳。宋以后,酶练工艺逐渐成熟,成书于元代的《居家必用》记载了用于练绢帛的胰酶剂制法,云:“以猪胰一具,用灰捣成饼,阴干。用时量帛多寡剪用。”文中所言灰当为草木灰,其脱胶、脱脂作用是缘于其中含有的大量碳酸钾,它可以膨化胶质,皂化油脂,从而使这两者溶解。而猪胰中则含有多种消化酶,可以分解脂肪、蛋白质和淀粉。草木灰和猪胰合成的胰酶剂,功效毋庸置疑,自然较单独用猪胰制成的胰酶剂高出许多。成书于元末明初的《多能鄙事》,不仅有用胰法的记载,还介绍了一种猪胰替代品,云:“如无胰,只用瓜蒌,去皮,取瓤剉碎,入汤化开,浸帛尤好。”瓜蒌内含有丰富的蛋白酶,经发酵入练液可得到与猪胰练液相同的效果。现代生物酶制剂工业发展初期,酶即来源于动物内脏和高等植物的种子果实,间接证明了元代用瓜蒌替代猪胰练帛的方法确实可行。《天工开物》中记载了一种在酶练中加入乌梅的方法,云:“凡帛织就,尤是生丝,煮练方熟。练用稻稿灰,以猪胰脂陈宿一晚,入汤浣之,宝色烨然。或用乌梅者,宝色略减。凡早丝为经,晚丝为纬者,练熟之时,每十两轻去三两,经纬皆美好早丝,轻化只二两。练后日干张急,以大蚌壳磨使乖钝,通身极力刮过,以成宝色。”值得注意的是文中提及的乌梅和对蚕丝脱胶量的描述。乌梅与前述《多能鄙事》所载“用胰法”中的瓜蒌一样,含有丰富

的蛋白酶,在精练丝绸时,其蛋白酶可对丝胶蛋白进行催化水解,使生丝脱胶。将它作为练剂使用,说明当时生物酶练剂的种类有所增加。早丝为一化性蚕丝,晚丝为二化性蚕丝,从所述练熟后两者丢失的重量看,前者丝胶含量低于后者,练后脱胶程度为20%~30%,这大致与现代练丝的练减率相符,说明当时对练减率的掌握是相当准确的。《天工开物》所记实质上是一种碱练、酶练结合的脱胶工艺。碱练是为了加快脱胶速度,提高脱胶效率;而酶练又具有减弱碱对丝素的影响,使脱胶均匀,增加丝的光泽等作用。

(3) 捣练

捣练出现在汉代,魏晋以来成为练丝和练帛的主要方式之一。曹毗在《夜听捣衣一首》诗中对捣练有生动描述:“纤手叠轻素,朗杵叩鸣砧。”同时代的谢灵运在《杂诗三首》中也提到捣练:“栏高砧声发,微芳起两袖,轻汗染双题,纨素即已成。”捣练时,要时刻审视丝、帛的生熟程度,否则褶皱处容易捣裂。王建在描述捣练整个过程的《捣衣曲》里就提到这个环节:“月明中庭捣衣石,掩帷下堂来捣帛,妇姑相对神力生,双揎白腕调杵声,高楼敲玉节会成,家家不睡复起听。秋天丁丁复东东,玉钗低昂衣带动,夜深月落冷如刀,湿著一双纤手痛。回偏易裂看生熟,鸳鸯纹成水波曲,重烧熨斗帖两头,与郎裁作迎寒裘。”“鸳鸯纹成水波曲”说明不仅平纹缂帛需要捣练,提花织品也需要。捣练丝、帛的砧杵,有长短两种。唐代多采用长杵。美国波士顿博物馆现存一幅宋徽宗赵佶临摹的唐人张萱《捣练图》画卷。画中有一长方形石砧,上面放着用细绳捆扎的坯绸,旁边有四个妇女,其中有两个妇女手持木杵,正在捣练,另外两个妇女作辅助状。木杵几乎和人同高,呈细腰形。此图形象逼真地再现了唐代妇女捣练丝帛的情景以及捣练时所用工具的形制(图1-63)。宋元以来则多采用短杵,由站立执杵改为坐着双手执双杵。从王



图 1-63 张萱《捣练图》

桢《农书》记载来看,为便于双手握杵,杵长约二、三尺,且一头粗,一头细,操作时双手各握一杵。这样,既降低了劳动强度,又提高了捣练效率。捣练是在水中进行的,在捣的过程中实际上也经过了水练,其优点是容易除去丝帛上的丝胶,缩短精练时间,精练出的丝帛手感和光泽俱佳。后世出现的用大槌捶打生丝的“槌丝”工艺和原理,实际上便是受捣练的启迪。

2. 麻的精练

经剥皮、刮青、沤泡等初加工手段获得的麻类韧皮纤维，在成纱或织物以后，于染色之前都还要进一步脱胶。这道脱胶工序，亦即精练。中国是世界上最早对麻类纤维进行精练的国家，古时称为“治”，主要采用水洗、碱煮和机械搓揉等方式处理。

在中国儒学经典著作《仪礼·丧服》的有关记载和注疏中，对五个不同等级的丧服所用粗细不同的大麻布提出了不同的精练方法。这五个不同等级的丧服分别为斩衰、齐衰、大功、小功和缌麻，是依据死者和服丧者的亲疏、长幼、尊卑等关系划分的。此“五服”，纤维从粗至细。其中有一段记载：“大功布衰裳，牡麻经。”郑玄注：“大功布者其锻治之功粗治之。”贾公彦疏：“言大功者，斩衰章。”传云：“冠六升，不加灰。则此七升，言锻治，可加灰矣，但粗沾而已。”可知斩衰、齐衰这两种丧服纤维，无须精练，仅经过水洗和槌击加工，而大功、小功、缌麻这三种丧服纤维，都需要经过精练加工。“衰裳”即丧服，“牡麻经”为雌麻纤维制成的麻带，服丧时束在头上或腰间。“锻”则是指槌击。“大功”是相对于“小功”而言的，两者加工方法是有区别的。“大功”布较粗劣，加工时用灰水洗，同时加以槌击（据上引文献）。“小功”布则不然。《仪礼·丧服》记载：“小功布衰裳，澡麻带经。”郑玄注：“澡者，治去莠垢，不绝其本也，谓麻皮之污垢，濯治之，使略洁白也。”贾公彦疏：“小功是用功细小精密者也。……谓以枲麻又治去莠垢，使之滑净以入轻竟故也。”可知“小功”加工时虽然也用灰水，但为使之洁白又不伤纤维，处理时间远较“大功”时间长，加工亦比较精细。缌麻是更细的一种麻布，纤维的纤度与当时的麻布朝服相同。《仪礼·丧服》记载：“缌者，十五升抽其半，有事其缕，无事其布，曰缌。”郑玄注：“缌，治其缕，细如丝。”《礼记·杂记上》云：“朝服十五升，去其半而缌，加灰锡也。”郑玄注：“缌精细与朝服同而疏也。”加工这种麻布比较复杂，须水洗、灰沤并结合日晒交替进行。

在宗教意识不甚发达的古代中国，祭祀等原始宗教仪式并未像其他一些民族那样发展成为正式的宗教，而是很快转化为礼仪、制度形式来约束世道人心，《仪礼》便是一部详细的礼仪制度章程，告诉人们在何种场合下应该穿何种衣服以及遵循什么样的礼仪行为。以前人们说这书是周公姬旦做的，不大可信。《史记》和《汉书》都认为出于孔子。显然在《仪礼》成书以前对大麻纤维进行精练的一整套工艺即已出现，因为礼仪也好，礼俗也好，都有很大的因袭性。出土的精练麻织物印证了这个史实。1973年，河北藁城台西村商代中期遗址发现了迄今所见最早的精练麻织物实物。经分析，这块麻布的纤维呈单纤维分离状态，说明其在沤渍、

缉绩后还作了进一步脱胶,毫无疑问系精练麻织物。春秋战国之后,对精细的苧麻织物也开始采用绩麻后的精练工艺,以便获得更均匀的精练效果。其工艺过程在元初编成的《农桑辑要》中有详细介绍:“其织既成,缠作纓子,于水瓮内浸一宿,纺车纺讫,用桑柴灰淋下,水内浸一宿,捞出。每缠五两,可用一净水盂细石灰拌匀,置于器内,停放一宿,择去石灰,却用黍秸灰淋水煮时,自然白软,晒干。”桑柴灰和黍秸灰的水溶液均呈碱性,有很好的脱胶作用,故中国古代也把这种方法称为“灰治”。此外,在元代王桢的《农书》里,还载有一种类似的但又结合日晒的方法:“先将麻皮绩成长缕并纺成纱,和生石灰拌和三五天后,放在石灰水中煮练,然后用清水冲洗干净,摊放在平铺于水面的竹帘上,半晒半浸,日晒夜收,直至麻纱洁白为止。”这无疑是在前一种灰治的基础上发展而成的。半浸半晒,是利用日光紫外线进行界面化学反应产生臭氧,对纤维中的杂质和色素进行氧化,使色素集团变为无色集团,从而在精练的同时,又起到漂白的作用,更有利于织制高档的麻织品。

欧洲各地精练麻纤维也是使用碱性溶液,但工艺稍有不同,有的地方在加工过程中还要加入牛奶。据辛格《技术史》描述:出自圣加尔的16世纪早期规章表明,亚麻织品先要放在有灰汁的沸水中煮练,然后铺放在干燥的场地上在阳光下漂白。场地必须相当宽阔,在13世纪,这样的场地从圣加尔的男修道院院长那里租用,而且得到允许可以建起任何所需要的悬挂亚麻布料的木桩。薄亚麻织品要在阳光下晾晒8周,厚的织品要达到16周。根据天气情况,还要有规律地用水喷淋。最后,布料要在流水中冲洗。18世纪初,荷兰人被认为是欧洲最好的漂白工人。他们的方法是先将织物泡在热的废碱液中“浸洗”,然后再用新鲜的碱液浸洗8天。浸洗完毕,用黑肥皂洗涤并拧干。下一步,织物被浸泡在盛有脱脂乳的大缸中,牛奶加入后要用脚将织物踩实,在压力下保持1~3个星期。再重新用肥皂洗涤,拧干,铺展在草地上,在阳光下晒2~3个星期。在此期间,织物要定期打湿。在脱脂乳中浸泡、酸化,在草地上暴晒漂白,此过程要重复5~6次。碱液的浓度要逐次降低。整个过程要延续半年的时间,并且只能在夏季进行。18世纪中期,荷兰亚麻制造中心——哈勒姆,以盛产最白、最有光泽的亚麻著称。在那里,人们将织物在含有各种灰分的碱液中浸泡10个小时,再将打湿的织物置于草地上24小时。这个过程重复10次甚至更多,然后再放在脱脂乳中酸化5~6天。黑麦粗粉或糠有时被用来代替牛奶。一系列的酸化、洗涤、浸泡、洒水等操作根据需要重复多次,整个漂白过程要持续6~8个月,然后再将织物上浆和干燥。在同时期的皮卡第,亚麻被交替浸泡在用过的木灰冷碱液和新鲜的热碱液中,每一次处理后织物都要被洗涤并放置到田野上,用勺子从河里取水闷湿。当足够白时,

织物被浸泡在发酵的脱脂乳中,然后浸在稀淀粉和大青蓝(荷兰语称 Lapsi)溶液中。织物在晾杆上晾干以后,最后被放在大理石块上,用光滑的棒槌敲打。在同时期的爱尔兰,洗涤后的织物被放在碱液中煮两小时,该过程比浸泡的时间短。这种处理重复 6~7 次,在每两次之间要暴露在空中地上并洒水,然后织物被放在温水 and 糠或小麦的溶液中酸化 3 天,再放到肥皂水中洗涤,之后用两块木板摩擦织物。最后将亚麻放在槽中细磨,然后上浆、干燥、轧光或锤实。所用碱剂多为石灰,少量为廉价的海草灰。

麻类纤维及其制品除用碱剂精练外,中外许多国家也曾利用硫黄漂白。中国目前所知有关硫黄漂白的较早文字记载见于宋代《格物粗谈》,谓“葛布年久则黑,将葛布洗湿,入烘笼内铺着,用硫黄薰之,色则白”。麻纤维和葛纤维的性质相近。其工艺原理是:硫黄燃烧后,在有水存在时,可发生反应,产生初生态氢。初生态氢具有强烈还原能力,能使纤维上的天然色素还原而达到漂白效果。在湖南浏阳地区农村中,至今还采用燃烧含有硫黄的褐煤以薰白苧麻的工艺。欧洲用硫黄漂白织物的历史较早,图 1-64 是出自意大利庞培早于公元 79 年的绘画,描绘的内容是一个带着笼架和盛装燃烧硫黄罐子的漂布工。可知其方法是把织物铺放在一个半圆形的笼子上面,笼子下面燃烧硫黄。此外,欧洲人除用硫黄漂白,还通常将优质的漂土揉进织品,作为最后的整理,使织品变得更白。



图 1-64 带着笼架和盛装燃烧硫黄罐子的漂布工,出自庞培,早于公元 79 年。采自辛格《技术史》

3. 棉的精练

由于棉花种植和纺织技术直到宋元以后才在中国各地推广,棉布精练技术在我国何时开始现尚不能确定,但可以大致推知,棉织业借鉴有悠久历史的丝、麻精练技术并将其运用到棉布上的时间,似乎应在推广之初,即元末明初便已开始。据研究,清代江南地区精练棉布广为流行的是发酵槌捣法。其工艺过程是:将待练棉布投入盛贮发酵液的砂缸内后,用石块压棉布于液面之下。经一昼夜,将布取出拧去水液,放在石盘或木台上用木棒槌捣,然后仍将棉布浸压于液中。如此反复进行数次,至手感变软时,取出水洗,精练即告完成。发酵液的温度,务必保持适当。寒冷季节,可在缸外略微加温,以利发酵的顺利进行。发酵液一般采用小麦粉洗面筋后的残液,也可用小麦麸皮直接溶于水中而成,俗名黄浆水。其工艺原理是:据分析,黄浆水内含有大量的淀粉和蛋白质,为水中微生物生长繁殖提

供了养料。此外,浆水放置四天自然发酵后,有浓烈的恶臭味,说明黄浆水内有酶的存在。其中果胶酶、蛋白酶和纤维素酶,均有助于去除棉纤维上的天然杂质,并有退浆和练白的作用。在今天的少数民族地区仍可看到类似的方法在使用,如广西侗族在染蓝过程中,要从染缸中将布取出槌捣数次。他们用的染液为发酵的蓝靛液,染液中的淀粉和蛋白质来自未退浆即入染的棉布上的米浆料。数次槌捣有助于去除棉纤维上的杂质,并有退浆和增染的作用。

(二)染色技术

追求自身美和显示自身在社会群体中的位置,是人类的天性,所以从出现用于御寒蔽体的织物起,人类就开始尝试用不同色彩、不同图案的织物来表达自己的爱好、思想以及社会地位。但自19世纪上半叶合成染料出现以前的很长时间,人类调色板上可用于施色的材料只有矿物颜料和植物染料以及2~3种动物染料,染色技术也是围绕这些材料而形成的,且在很长时间内没有什么实质性的变化。

1. 矿物颜料

人类在服装上施色的历史是从矿物颜料的利用开始的,其渊源可追溯到旧石器时代晚期。而后,随着植物染料的兴起,矿物颜料逐渐式微,仅作为以彩绘为特点的特殊衣着施色所需原材料。下面简述几种曾用于给织物施色的矿物颜料。

(1) 赤铁矿

赤铁矿,又称赭石,在自然界分布较广,主要化学成分为三氧化二铁(Fe_2O_3),呈棕红色或棕橙色,用其涂绘,稳定持久,但色光黯淡。在北京周口店山顶洞人遗址中曾发现赤铁矿粉末和用赤铁矿着色的饰物,说明赤铁矿在旧石器时代晚期就已被利用。这种颜料因色泽黯淡,到春秋时用于织物的施色基本上只局限于犯人的囚衣。《荀子·正论》说:“杀赭衣而不纯。”杨倞注云:“以赤土染衣,故曰赭衣。纯,缘也。杀之所以异于常人之服也。”后来称囚犯为“赭衣”即缘于此。

(2) 朱砂

朱砂,又称辰砂或丹、丹砂等,主要化学成分为硫化汞(HgS)。在青海乐都马家窑文化遗址的墓地的一具男尸下曾发现朱砂,说明新石器时代晚期的人除用它涂绘饰物外,还出于对太阳、火或血液的崇拜,将它作为殉葬物放于墓中。朱砂的加工,一般采用先研后漂的方法,即先把辰砂矿石粉碎,研磨成粉,然后经过水漂,

再加胶漂洗。在水中,辰砂由于重力差异而分为三层,上层发黄,下层发暗,中间呈朱红。尤以中间的色光和质量为佳。陕西宝鸡茹家庄西周墓曾出土过朱砂,其色恰为朱红色,说明西周时已掌握了朱砂的制作技术。由于朱砂具有纯正、浓艳、鲜红的色泽和较好的色牢度,且不易得到,历来被视为颜料珍品。《史记·货殖列传》载:秦始皇时“巴(蜀)寡妇清,其先得丹穴(徐广曰:涪陵出丹),而擅其利数世,家亦不訾。清,寡妇也,能守其业,用财自卫,不见侵犯。秦皇帝以为贞妇而客之,为筑女怀清台。”清是偏僻乡野的寡妇,能受到天子的礼遇,名显天下,一方面说明她“能守其业,用财自卫”,另一方面则反映了朱砂价格不菲,多用于高档饰物的着色。在长沙马王堆一号汉墓出土的大批彩绘印花丝织品中,有不少红色花纹都是用朱砂绘制的,如其中一件红色菱纹罗锦袍,尽管在地下埋藏了2000多年,其上面用朱砂绘制的红色条纹,色泽依然十分鲜艳。由于朱砂的研磨和提纯加工过程费时费力,致使其产量很低,远远满足不了需要,西南少数民族便以朱砂作为贡品,进献给中原王朝,故《汲冢周书》有“方人以孔鸟,濮人以丹砂”来贡的记载。朱砂除用于给织物着色外,还用于绘画和书写。《范子计然》载:“范子曰:‘尧舜禹汤皆有预见之明,虽有凶年而民不穷。’王曰:‘善。’以丹书帛,置之枕中,以为国宝。”范子即春秋时越国大夫范蠡,“丹”即朱砂。人们出于对朱砂鲜艳颜色的喜爱,还常常用它来形容人的美貌,《诗经·终南》中赞美秦襄公的容颜像丹砂一样红润的诗句“颜如渥丹,其君也哉”,便是一例。

(3) 石黄

石黄的主要成分是铬酸铅,是一种色相纯正,色牢度稳定,呈橙黄色,有胭脂光泽的黄色矿物颜料。其制取方法是:先将天然石黄水浸,再经多次蒸发换水,然后调胶用或研用。换水目的是尽量使有害成分砷气化挥发,以减少对人体的损害。在陕西宝鸡茹家庄西周墓出土的刺绣品上曾发现石黄,说明最迟至西周时已用石黄涂染织物。因成分为二硫化二砷(As_2S_2)的雄黄在古代也叫石黄,所以有关染色的著作一般都认为古代大量使用的黄色颜料是用它制成的。其实石黄和雄黄是两种不同的矿物,有许多材料可以作为证明。古代用于石染的石黄,应该主要是制造铬黄原料的属于铬化合物的赤铅矿(Crocoite),即铬酸铅($PbCrO_4$)。在《经史证类本草》和《本草品汇精要》两书里,都是把石黄和雄黄当作两种药分列的,表明它们是不同的。特别是《本草品汇精要》卷三“雄黄条”在论述雄黄真贋的文字里,还着重指出,有人以石黄伪为雄黄,明确地把石黄和雄黄分开。在宋应星《天工开物》中也能看出一些端倪,其《丹青篇》“石黄条”:“石黄,中黄色,外紫色,皮内黄。一名石中黄子。”也说明它们不同。唐以前石黄的产量远大于雄黄。雄黄一词始见于《山海经》,后来,在古人眼中,雄黄是一种十分神秘的宝物。《太平

御览》卷九八八引《典术》记载：“天地之宝，藏于中极，命曰雌黄。雌黄千年，化为雄黄。”有的人甚至认为它是一种“一经服食，即可飞升”的仙药。因为产地只限于武都宕昌和敦煌等几个地方，所出有限，往往与黄金等价。特别是一遇特殊情况，便无从寻觅。陶弘景《本草经注》“雄黄条”载：“晋末来，（武都）氐羌中纷扰，此物（雄黄）绝不复通。人间时有三五两，其价如金。……始以齐初，凉州互市，微有所得。将下至都。余最先见于使人陈典签处，检获，见十余斤。伊辈不识此物是何等。见有挟？雄黄，或谓是丹砂。吾乃示语，并更属觅。于是渐渐而来。……敦煌在凉州西数千里（亦有是物）。所出者，未尝得来。江东不知云何。”可知其产量之少，故而珍异。石黄则不同，产量是非常大的，很容易得到。这也有比较明确的记载。同前书，陶弘景在说了上面的一段话之后，又说：“晋末来，（以）此物（雄黄）绝不复通……合丸皆用天门始兴石黄之好者耳。”因为出产得多，所以才有人能随意地以之假冒雄黄。历来用作涂料的东西，消耗量都比较大，大多是容易采集和价格低廉的。

（4）石绿

石绿，又名青丹萆、空青，因其矿物呈天然翠绿色而又得名孔雀石，为铜矿物的次生矿物，成分是含有结晶水的碱式碳酸铜 $[\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2]$ ，可以用之染蓝绿色。石绿结构疏松，研磨容易，色泽翠绿，色光稳定，用于颜料的历史悠久。早在《周礼·秋官》里便有记载：“职金，掌凡金、玉、锡、丹、青之戒令。”石绿共生于铜矿，我国已发现的规模最大、保存最完整的古代铜矿遗址是湖北大冶铜绿山春秋战国时期矿冶遗址。其南北长约2千米，东西宽约1千米，遗留的炼铜矿渣40万吨以上，表明其冶炼规模之大和开采时间之长。由此可见，石绿的使用当在西周时期或更早，亦说明它是和朱砂一样重要的矿物颜料。传统的加工方法是：将铜绿粉或糠青与熟石膏粉加水适量拌匀，压成扁块，用高粱酒喷之，则表面显出绿色，切成小块，干燥即得。也可以将醋喷在铜器上，加速其生成绿色的锈垢，刮取之。

（5）胡粉

胡粉，又名粉锡，白色矿物颜料，主要化学成分为碱式碳酸铅。早在春秋时，铅白已是妇女常用的化妆品。在《楚辞·大招》中有用它化妆的描述：“粉白黛黑，施芳则只。”此“粉”即铅白，其俗名胡（糊）粉之由来，也是出于这个缘故。它也是我国最早人工合成的颜料。古代传统制取铅白的方法是先以铅与醋反应生成碱性醋酸铅，再使其在空气中逐渐吸收二氧化碳，转化为碱性碳酸铅，最后通过水洗澄清，除去残余的醋酸铅即成。以铅、醋为原料制胡粉的方法，在唐代著作中已有详细记载。近年在福建福州宋墓中发现许多彩绘上衣，上面都有这种颜料的涂绘痕迹。宋应星在《天工开物》中曾对胡粉的化学生产工艺作过较为详细的描述，大

意是：制作胡粉时，先把一百斤铅熔化之后再削成薄片，卷成筒状，安置在木甑子里面。甑子下面及甑子中间各放置一瓶醋，外面用盐泥封固，并用纸糊严甑子缝。用大约四两木炭的火力持续加热，七天之后，再把木盖打开，就能够见到铅片上面覆盖着的一层霜粉，将粉扫进水缸里。那些还未产生霜的铅再放进甑子里，按照原来的方法再次加热七天后，再次收扫，直到铅用尽为止，剩下的残渣可作为制黄丹的原料。每扫下霜粉一斤，加进豆粉二两、蛤粉四两，在缸里把它们调和搅匀，澄清之后再吧水倒去。用细灰做成一条沟，沟上平铺几层纸，将湿粉放在上面。快干的时候把湿粉截成瓦形或者是方块状，等到完全风干之后才收藏起来。由于古代只有湖南的辰州和广东的韶州制造这种粉，所以也把它叫做韶粉（民间误叫它朝粉）。到今天全国各省都已经能制造了。这种粉如果用作颜料，能够长期保持白色。如果妇女经常用它来粉饰脸颊，涂多了就会使脸色变青。将胡粉投入炭炉里面烧，仍然会还原为铅，这就是所谓“一切的颜色终归还会变回黑色”。宋应星记载的这种制作胡粉的方法与现在西方所谓“荷兰法”相似，却比它早了几百年。

（6）蜃灰

蜃灰是由毛蚶、牡蛎、蛤蜊等的外壳烧制成的灰，主要化学成分为氧化钙。蜃灰也作为白色涂料使用，《周礼·地官》载：“（掌蜃）敛互物蜃物，以供闾圻之蜃；祭祀共蜃器之蜃；共白盛之蜃。”郑玄注云：“敛五物者，以其互物是蜃之类。”注引郑司农云：“蜃可以白器，令色白。”可见古人不仅用它涂绘织物，还用于涂饰器物 and 宗庙的墙壁。即前文所述，用于丝麻精练脱胶。

（7）金银粉和箔

金银粉是指用金、银研磨而成的粉屑（一般再加上黏合剂制成金银泥使用）。金银箔是指用金或银打制的薄片（比纸还薄）。用金银泥和金银箔绘制或装饰衣着，可使织物获得金光闪闪、色泽艳丽的华贵效果。这种装饰织物的方法，自汉以来一直被广泛应用。在出土的历代纺织品中，也常常可以见到应用金银色涂画和印制的织物，如马王堆一号汉墓出土的金银色印花纱，福州市北郊南宋墓出土的大量金银花织物，都是使用金银粉装饰的产品。

（8）墨和石墨

墨即为我国历来所谓的“文房四宝”之一的墨。墨是以松柴或桐油的炭黑（经过焚烧）和胶制成的，颜色纯黑（有的墨发紫光，是制墨时加入苏木的原因）。历代彩绘衣着上的黑色，基本都是用墨绘制的。石墨（矿物）是煤或碳质岩石受区域变质作用或岩浆侵入作用的影响而形成的，颜色呈铁灰色或钢灰色。我国古代也有用石墨在衣着上设色的，见于记载的是安徽黟县的情况。自六朝以来，黟县群众每以其地所产石墨处理布匹，使之具有深灰的色彩。

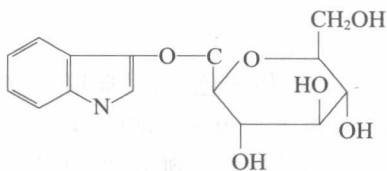
2. 植物染料

早在 5000 年前,人类就开始利用植物染料为织物施色,当时选用的植物,应该是一些可以直接上染的属直接染料的植物,种类不会很多。3000 年前左右,植物染料得到了迅速发展,选用的染料植物种类增加了很多。到 19 世纪时,世界各地的人们利用过的染料植物种类不下百种,其中仅中国民间利用的植物染料数量便达 70 余种,见于中国文献记载且当今有名可考的亦有 50 种。下面仅简述几种非常重要且被广泛使用的植物染料。

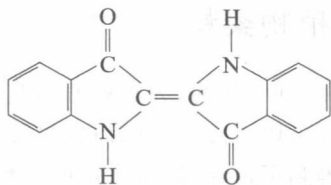
(1) 蓝色植物染料——蓝草

凡可制取靛青(即靛蓝)的植物,均可统称为“蓝草”。用于造靛较多的品种主要是蓼蓝、马蓝、菘蓝、木蓝和青蓝。其中,蓼蓝,又叫蓝靛草,蓼科一年生草本。一般在二、三月间下种,六、七月成熟,即可第一次采摘草叶,待随发新叶九、十月又熟时,可第二次采摘。马蓝,又叫葳、大叶冬蓝、山蓝,爵床科多年生灌木。这两种蓝在中国种植最广泛,时间最早。菘蓝,又叫茶蓝、半蓝、中国大青、中国菘蓝,属十字花科、二年生草本植物,顶生黄色小花,叶片类似菠菜或橄榄菜,花开在叶片中央,染色部位为叶片。主要产于欧洲的西班牙等地中海沿岸地区,中国则产于黄河流域和黑龙江之间的广大北方地区,其根部就是中药配方板蓝根。木蓝,中国古代称为槐蓝、大蓝、大蓝青、水蓝、小菁、本菁、园菁、台湾蓝、印度蓝、青仔草、野青靛,属豆科多年生灌木,开赭粉红色的小花,以种子繁殖。在中国分布于山东、江苏、福建、台湾、广东、广西、四川、云南等地。木蓝制成的蓝靛是印度早期对欧洲的主要输出品,并曾对当地的蓝草种植造成了强烈冲击,以致在 1577 年时,英国人指责进口靛蓝是一种“新发明的、有害的、极其歹毒的、致命的、骗人的、残害心灵的、腐蚀性的染料”。法国国王亨利四世也对此作出过类似的谴责,他甚至命令将那些使用了这种靛蓝的人处以死刑,而在纽伦堡,则要求染色业者宣誓保证不用这种靛蓝。木蓝的英文名为 indigo,与印度的英文名 indian 很接近,显示出这种来自印度的染料对欧洲的影响。18 世纪中叶一位美国妇女平克尼(Eliza Pinckney)将木蓝引进卡罗来纳州种植,并获得了成功。

蓝草染色原理是:蓝草叶中含有靛质($C_{14}H_{17}NO_6$),当蓝草在水中浸渍(约一天)后,靛质发酵分解出可溶于水的原靛素,此时的浸出液呈黄绿色。而原靛素在水中生物酶作用下,进一步分解成在植物组织细胞中以糖甙形式存在的吲哚酚(吲哚羟、吲哚醇)。吲哚酚又经空气氧化,生成不溶于水的靛蓝素($C_{16}H_{10}NO_3$)析出。靛蓝是典型的还原染料,有较好的水洗和日晒坚牢度。原靛素和靛蓝素结构式如下:



原鞣素



蒽醌素

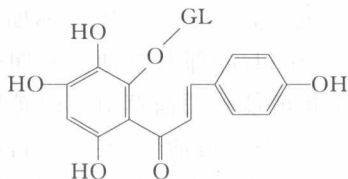
(2) 红色植物染料——红花、茜草、苏木

红色植物染料有茜草、红花、苏木、虎杖、棠叶、冬青、山石榴等，其中茜草、红花、苏木是古代用量最大的红色染料。

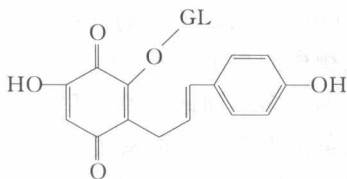
红花，一年或二年生草本植物，株高达 4~5 尺，叶互生，夏季开呈红黄色的筒状花。在中国又名黄蓝、红蓝、红蓝花、草红花、刺红花及红花草。从考古发现来看，红花是人类最早利用的植物染料之一，约在距今 5000 年之前，埃及已开始应用红花染料了。在埃及第六王朝时代（公元前 2345—前 2181 年）的碑文中曾有关于红花的记述；在埃及木乃伊墓中（约公元前 2500 年）曾发现有用红花染料染成黄色或淡红色的带状织物；在另一座埃及王墓中（约公元前 1300 年）还曾发现红花植物的残迹；这些材料是如此的久远而又不容置疑，因此很多人把埃及当作红花的源头。不过也有其他不同的观点，如前苏联学者瓦维洛夫提出了红花栽培有三个起源中心：第一个起源中心在埃及，并提出最初的野生红花种出现在那一地区，考古学的材料说明了这一点；第二个起源中心在印度，这是基于红花的变异性及古老的栽培；第三个起源中心在阿富汗即中亚一带，这是基于红花的变异性及野生种接近。另一位前苏联学者科普佐甫通过自己的研究支持了这一结论。但是也有人把起源中心置于近东，这是基于栽培红花与当地的两个野生种有亲缘关系，即波斯红花和巴勒斯坦红花。日本学者星川清亲则认为埃塞俄比亚是其中心，并作了一幅以埃塞俄比亚为中心的红花传播路线图。红花在地中海地区开始种植的时间是在古罗马时代之前，之后不久西欧也开始种植。中国种植红花的时间是在汉代，晋代张华《博物志》载“张骞得种于西域，今魏地亦种之”，表明在汉代一些地方很可能已将红花作为染料使用。美洲大陆种植红花的时间较晚，大概是西班牙人在发现新大陆后不久才引进的。

红花染色原理是：红花的花冠内含两种色素，其一为含量约占 30% 的黄色素；其二为含量仅占 0.5% 左右的红色素，即红花素。其中黄色素溶于水和酸性溶液，在古代无染料价值，而在现代常用于食物色素的安全添加剂。含量甚微的红花素则是红花染红的根本之所在，它属弱酸性含酚基的化合物，不溶于水，只溶于碱液，而且一旦遇酸，又复沉淀析出。红花染色便是利用红花的这一化学性质，

让它在中性或弱酸性溶液中形成鲜红的色淀沉积在纤维上。红花素的分子式为 $C_{21}H_{22}O_{11}$ ，构造式为：



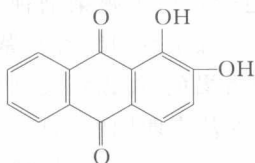
红花黄色素



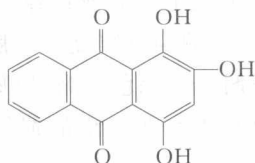
红花红色素

茜草，根含茜草素，为天然优质红色染料，多生于沙地上，分布于中国、印度、阿富汗、伊朗、哈萨克斯坦、巴基斯坦、小亚细亚至欧洲南部。它春秋两季皆能采收，以秋季采到的质量为好，以根部粗壮呈深红色者为佳。采收后晒干储藏，染色时可切成碎片，以热水煮用。

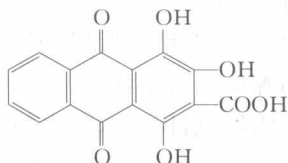
茜草根部分含有多种蒽醌类化合物，其中主要色素成分是茜素、羟基茜素和伪羟基茜素，结构式如下：



茜素



羟基茜素



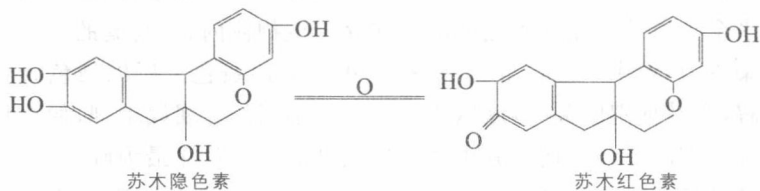
伪羟基茜素

染色时如将织物直接浸泡在纯茜草液中虽也可使之着色，但由于茜草中的色素成分几乎全是以葡萄糖或木糖甙的形式存于植物体内，葡萄糖的大分子结构使色素缺乏染着力，效果不是很好，只能得到单一的浅黄色。所以染色时须先将茜草发酵水解，令其甙键断裂，再施以铝、铁、铜等不同的金属媒染剂，便会得到从浅至深的十分丰富的红色色调。其中尤以铝媒染剂所得色泽最为鲜艳。

中国是最早使用茜草染红的国家之一。战国以前染色所用茜草基本都是采自山野。《诗经》中有多处提到茜草和其所染服装，如《诗经·郑风·东门之墀》：“东门之墀，茹蘆在阪。”《诗经·郑风·出其东门》：“缟衣茹蘆，聊可与娱。”前者是说它生长在山坡上，后者是说可用它染色。20 世纪 80 年代，在新疆且末县扎洪鲁克一座断代为公元前 1000—前 800 年的墓葬中，曾出土过一些呈红色深浅不一的毛织物，经分析，这些红色毛织物，染料成分均含有茜素和茜紫素，显然都是用茜草染成的，印证了先秦时期染茜工艺所达到的水准。西汉以来，开始大量人工种植茜草，司马迁在《史记》里说，新兴大地主如果种植“十亩卮茜”，其收益可与“千户侯等”。长沙马王堆汉墓曾出土很多茜染织物，如其中的“深红绢”和“长寿绣袍”的红色底色，经化验即是用茜素和媒染剂明矾多次浸染而成的。

在中世纪的欧洲,茜草种植也非常广泛,并被大量用于羊毛的染色。当时英国出现了许多与茜草有关的地名或建筑名,如诺里奇的“茜草市场剧院”(Maddermarket Theatre)、坎伯兰的卡特戴尔(Matterdale,即 madder valley,亦即茜草谷)、斯塔福德郡的梅菲尔德(Mayfield,即 madder field,亦即茜草地),表明这种植物在英国的许多不同地方都有种植。有两件事情颇能说明茜草对当时英国染业的重要及英国人对茜色的喜爱:一是查理大帝曾发布一道命令,要求乡村庄园的妇女工场,必须十分齐全地备有羊毛、亚麻布、秘蓝、茜草、羊毛梳、起绒机、肥皂及用于纺织品编织和染色的其他必需品;二是亨利二世命令属下在猎场中必须穿着红色外套,以产生一种色彩上的刺激。尽管英国广泛种植茜草,但直到法国大革命前,欧洲大陆的大部分的茜草收成都来自荷兰。法国大革命时,法国政府支持在阿尔萨斯和普罗旺斯种植茜草,才打破了荷兰人的垄断。

苏木,又名苏枋木,属豆科常绿小乔木,原产于东南亚和中国的岭南地区。苏木的赭褐色心材中所含无色的原色素叫“巴西苏木素”,经空气氧化即变成有色的“巴西苏木红素”。它易溶于水,可染毛、棉、丝纤维,其色彩视所加媒染剂种类而各异,范围为红至紫黑,皆具有良好的染色牢度。一般加铬媒染剂得绛红至紫色,加铝媒染剂得橙红色,加铜媒染剂得红棕色,加铁媒染剂得褐色,加锡媒染剂得浅红至深红色,用苏木染出的红色和用红花染出的蜀红锦以及广西锦的赤色,十分接近。与其他红色植物染料相比,苏木比茜草的色彩艳丽,比红花提取简便。苏木隐色素和苏木红色素分子结构式为:

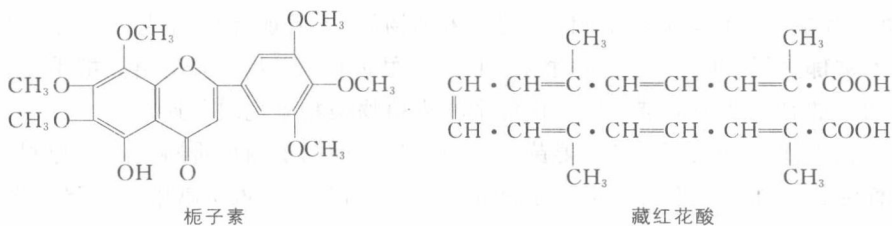


中国用苏木染色的记载始见于西晋嵇含《南方草木状》:“苏材类槐花,黑子,出九真,南人以染绛,渍以大庾之水,则色愈深。”文中“九真”系西晋时的郡名,在今越南中部;“大庾”可能指大庾岭,即江西、广东交界处的梅岭。元明时期,苏木是东南亚地区输入中国的大宗货品之一,故李时珍《本草纲目》中有“海岛有苏枋国,其地产此木,故名”之记载。

(3) 黄色植物染料——栀子、郁金、柘木

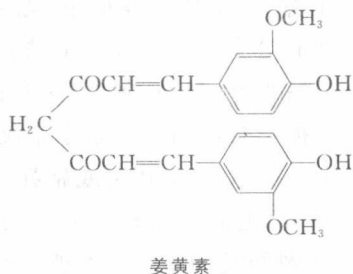
自然界的绝大部分植物都能由绿泛黄。黄是植物界最普遍的色彩之一。因此,染料植物中能染黄色的植物是最多的,有栀子、郁金、柘木、黄枌、黄檗、槐树、地黄、姜黄、苎草等,其中栀子、郁金、柘木是中国古代较具代表性的黄色染料。

栀子,属茜草科栀子属常绿灌木,多生长于我国南方和西南各省。栀子果实中含有黄酮类栀子素、藏红花酸和藏红花素,其中栀子素属媒染染料类,藏红花酸属直接染料类。入染的栀子经霜时采取,以七棱者为良。色素的萃取方法是:先将栀子果实用冷水浸泡一段时间后,再把浸泡液煮沸,色素即溶于水中。制得的染液可直接染黄,也可加入不同的媒染剂,以得到不同的黄色调。未加媒染剂染出的黄色为嫩黄色;加铬媒染剂染出的黄色为灰黄色或橄榄色;加铝媒染剂染出的黄色为艳黄色;加铜媒染剂染出的黄色为微含绿的黄色;加铁媒染剂染出的黄色为黝黄色。栀子素和藏红花酸的构造式为:



秦汉时期,栀子应用最广的黄色染料。当时因野生栀子不敷需求,始大面积人工种植,司马迁《史记·货殖列传》载“千亩栀茜,千亩姜韭,此其人与千户侯等”,反映了汉初栀子种植的规模、获利丰厚之程度以及用栀子染黄之普遍。长沙马王堆一号汉墓出土的多种深浅黄色纺织品,经多种手段进行分析和测定,发现有一些即为用栀子染液直接染制或加入媒染剂染制而成。

郁金,为多年生宿根草本姜科植物,其块根呈椭圆形,有温郁金、姜黄、广西莪术或蓬莪术四个品类,其中只有姜黄具染料价值。姜黄内含化学分子式为 $C_{21}H_{20}O_6$ 的姜黄素(Curcumin),可用沸水浸出,既可直接染丝、毛、麻、棉等纤维,又可借矾类媒染而得到各种色调的黄色。用它染出的织物往往会散发出一种淡淡的芬芳香气,别具风格,是我国较早就用于染色的带有花香的一种植物染料,并由它衍生出一个特定色名——郁金色。姜黄素构造式为:



我国使用郁金的时间可追溯到周代,当时主要用途是制酒,汉代初年开始用于染色。西汉史游《急救篇》中有一首描述色名的七言诗句,云:“郁金半见缃白

藹”。“郁金”“半见”“绀”“白藹”都是当时的特定色名。唐人颜师古有如是注：“郁金，染黄也。绀，浅黄也。半见，言在黄白之间，其色半出不全成也。白藹，谓白素之精者，其光藹藹然也”。郁金（姜黄）施染物的最大特点是能散发微香，最大缺点是不耐日炙。宋朝寇宗奭《本草衍义》载：“郁金：不香。今人将染妇人衣最鲜明，然不耐日炙，染成衣，则微有郁金之气。”不耐日炙的染料使用往往不会很广泛，且很快就会被其他染材取代，郁金则恰恰相反。先人在利用郁金染色时看中的是它能散发微香，因而历朝历代都曾普遍利用它染制高档的黄色纺织品。对权贵阶层喜好郁金染色之物，一些文学作品反映得尤为充分，如唐朝李商隐《牡丹》诗句：“垂手乱翻雕玉佩，招腰争舞郁金裙。”宋朝杨修《齐云观》诗：“上界笙歌下界闻，缕金罗袖郁金裙。”明朝宋登春《竹枝词》：“小姑茜红衫，大姑郁金裙。把手促依去，两两拜湘君。”从中不难窥见古代郁金作为植物染料染色之普遍。

在古代，由于郁金（包括姜黄、莪术）也是一种用于制作香料的重要原料，因其名称与另一种制作香料的重要原料郁金香名称相近，在古文献中常常将二者混为一谈。实际上，郁金香又名番红花，或藏红花、西红花、撒馥兰，佛经里音译为“恭矩磨”，是一种鸢尾科番红花属的多年生花卉，既可入药，也可用于制香料和黄色染料。它传入中国的时间较晚，作为中药，《本草拾遗》（公元741年）最早将其收录。番红花之名则始见于《本草品汇精要》（公元1505年），书中以撒馥兰为正名、番红花为别名收载。2005年版《中国药典》以西红花之名收录。另据考证，“郁金香作为专属性的物名，见于从西晋安息三藏安法钦于迺惠帝光熙元年（公元218—230年）在洛阳白马寺译出的佛经《阿育王传》卷第四。安氏创造性地将梵文名称意译为郁金香，并提到罽宾国（即今克什米尔一带，是佛教大乘派的发源地，曾与中国汉王朝通使）有香山产郁金香（有专人保护种源）。汉晋之际，郁金香和苏合香等香料输入中国”。另需申明的是，我们现在熟悉的荷兰国花郁金香，系百合科郁金香属的草本植物，大约在18世纪时传入中国。

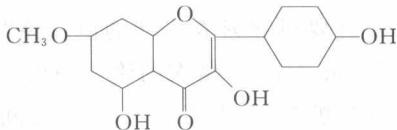
柘木，桑科落叶灌木或小乔木，小枝黑绿褐色，光滑无毛，具坚硬棘刺，刺长5~35 mm。在全国大部地区有分布。因朝代及地域差异，它的称谓很多，有柘、柘柴、柘树、柘刺、柘子、柘桑、柘骨针、黄桑、刺桑、文章树、柞树、野梅子、野荔枝、老虎肝、鸡脚刺等名。柘木在很长时期内一直是皇帝服装专用色染料，用其所染之黄色，有别于其他染料所染之黄色，名为柘黄或赭黄。

在先秦时期的色彩观念中，黄色代表土地之色，位于“五方正色”中央，是非常重要的颜色。不过那时各种黄色的服装并不被王室独享，天子的服色可以是“玄冠、黄裳”，庶民百姓也可以有“绿衣黄里”“绿衣黄裳”的衣服。西汉前期，国祚色几经改易，黄色才压倒其他颜色慢慢尊贵起来。史载：“高祖之微时，尝杀大蛇。

有物曰：蛇，白帝子也，而杀者赤帝子。”刘邦建汉后以此确定服色尚赤，皇袍用红绸，皇城宫殿四壁为紫红。汉文帝十三年(公元前167年)，鲁人公孙臣上书，认为汉朝尚赤不合“五德终始论”，秦既为水德，汉取而代之，当为土德，服色应尚黄。但他的建议当时并没有被采纳。直到武帝继位三十多年后的元封七年(公元前104年)，才正式宣布改制，颁行“太初历”，改元封七年为太初元年，以夏正为准，建寅之月(即今正月)为岁首；服色也从尚赤改为尚黄。崔寔《四民月令》所载“柘，染色黄赤，人君所服”，表明东汉时柘(赭)黄已是皇帝服色之一。从隋唐开始，柘(赭)黄成为皇帝的常服颜色。《唐六典》载：“隋文帝著柘黄袍、巾带听朝。”《宋史·舆服志》载：“衫袍，唐因隋制，天子常服赤黄、浅黄袍衫、折上巾、九还带、六合鞞。宋因之，有赭黄、淡黄袍衫、玉装红束带、皂文鞞，大宴则服之。又有赭黄、淡黄褙袍、红衫袍，常朝则服之。”民间禁用黄色则始于唐高宗总章年间(公元668—670年)，《新唐书·车服志》载：“唐高祖以赭黄袍、巾带为常服。……既而天子袍衫稍用赤黄，遂禁臣民服。”从此各代袭承。元代曾明令“庶人惟许服暗花纁丝、丝绸绦罗、毛毳，不许用赭黄”。明代弘治十七年(公元1504年)禁臣民用黄，明申“玄、黄、紫、皂乃属正禁，即柳黄、明黄、姜黄诸色亦应禁之”。自柘黄色成为皇帝的常服颜色后，在文学作品中柘黄或赭黄的衣袍便成为天子的代称，如花蕊夫人《宫词》：“锦城上起凝烟阁，拥殿遮楼一向高。认得圣颜遥望见，碧阑干映赭黄袍。”和凝《宫词》：“紫燎光销大驾归，御楼初见赭黄衣。”欧阳玄《陈抟睡图》：“陈桥一夜柘袍黄，天下都无鼾睡床。”皇袍为柘黄色一直沿用到明代，清代时改为明黄色，染材为槐米。

(4) 绿色植物染料——鼠李

鼠李，又名冻绿、山李子、朱李，属多年生落叶小乔木或灌木。鼠李的色素成分有天然绿一号、天然绿二号、鼠李宁和甲基鼠李素等。在这些色素中都存在着一定的可络合基团，所以既可直接上染纤维，也可用金属盐媒染。上染牢度均较佳，具有耐光性、耐酸性和耐碱性。天然绿二号分子结构式为：



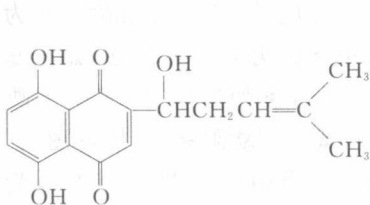
天然绿二号

古代染绿多是利用含蓝、黄两种色素的染料复染，可以直接单独染绿的染料植物没有几种，鼠李是其中之一，被称作“中国绿”。鼠李用于染色的历史很早，德国的吉·扎恩在其撰写的《染色历史》中国部分中写道：“古代，非常有名的物质之一是绿色染料，中国话称为‘绿果’，这类染料是由各种鼠李属的灌木制成的。这

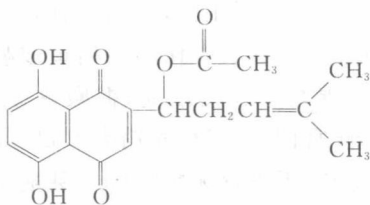
种树木的木材、多汁的果子，都被色素染成浓重的黄色。如果把它们浓缩液和明矾、碳酸钾并用，即成绿色的植物染料。蚕丝直接吸收，染成蓝绿色，在弱酸染浴中可直接染植物纤维。”他认为鼠李染色技术大概在公元前 2000 年可能就已出现。从《太平御览》引郭义恭《广志》所载“鼠李，牛李，可以染”，可知晋代时鼠李被用于染色是没有问题的。鼠李的染色方法相当特别，光绪《永嘉县志》载：“以绿柴皮煎汁染之，乘日未出，将布铺地令平，其下一面着地，为寒气所逼，绿色葱蒨，背面则黯然无色。”

(5) 紫色植物染料——紫草

紫草，是紫草科多年生草本植物，又名芘、藐、紫丹、紫荆等，是古代唯一可以染紫的植物。紫草是典型的媒染染料，其色素主要存在于植物根部，采挖紫草根一般是在八、九月间茎叶枯萎时。色素的主要化学成分是萘醌衍生物类的紫草醌和乙酰紫草醌，这两种紫草醌水溶性都不太好，染色时若不用媒染剂，丝、麻、毛纤维均不能着色，因此必须靠椿木灰、明矾等媒染剂助染，才能得到紫色或紫红色。其结构式为：



紫草醌



乙酰紫草醌

早在春秋时期，紫草染色便在山东兴盛起来。《管子·轻重丁》记载：“昔莱人善染练，芘之于莱纯缁。”芘即紫草，莱即古齐国东部地方，这段话的意思是齐人擅长于染练工艺，用紫草染“纯缁”。齐人工于染紫，是由于齐君好紫。《韩非子》记载了这样一件事：齐桓公好服紫，导致一国尽服紫，风头最盛的时候，五件素衣都换不来一件紫衣。当齐君发现不妥予以制止时，几乎不起作用。直到管仲进谏，劝齐君自己不再穿紫衣，而且要对穿紫衣入朝的臣僚说“吾甚恶紫衣之臭”，令他们退到后面。齐桓公采用这条计策后，紫衣的流行势头才被遏制。周礼将色彩分为正色和间色，青、赤、黄、白、黑为“五方正色”。正色之间调配出的绿、红、碧、紫、骝黄（硫黄色）为“五方间色”。紫色系五方间色，对齐君这种有悖于周礼规定的颜色嗜好，儒家深恶痛绝，其代表人物孔子有“恶紫之夺朱”、孟子有“正涂壅底，仁义荒怠，佞伪驰骋，红紫乱朱”的言论。

(6) 黑色植物染料——皂斗

黑色调染料植物大多是因为含有没食类鞣质而能染色成黑。常见的有皂斗、

胡桃、杨梅、榉柳等树皮、莲子壳等,其中皂斗是中国古代最著名的黑色染料植物。

皂斗是壳斗科植物麻栎的果壳。麻栎系多年生高大落叶乔木,又名柞树、柞栎、栩、橡、枹、象斗、橡栎、橡子树、青桐等。皂,亦写作皐。《尔雅·释木》谓:“栩,杼。”又谓:“栎,其实栎。”晋郭璞注曰:“柞树。”三国陆机疏云:“今柞,栎也,徐州人谓栎为杼,或谓之栩,其子为皐或言皐斗,其壳为汁,可以染皐,今京洛及河内言杼斗。”因黑色是五方正色之一,皂斗又是主要黑色染料,所以需求量非常大。《周礼·地官·大司徒》在谈及诸如山林、川泽、丘陵等五种不同自然环境的地物时,特别指出:“山林……其植物宜皐物。”汉朝郑司农注:“植物,根生之属;皐物,柞栗之属。今世间谓柞实为皐斗。”《诗经》中有多处诗句提到皂斗,如《唐风·鸛羽》:“肃肃鸛羽,集于苞栩。”《秦风·晨风》:“山有苞栎,隰有六驳。”《小雅·四牡》:“翩翩者騅,载飞载下,集于苞栩。”征收和发放皂斗(象斗)也是《周礼·地官》中所记“掌染草”官员的职责之一。

皂斗属于没食类鞣质与六羟基二苯酸的酯化产物,又称“并没食子鞣质”。鞣质又称丹宁,没食类鞣质多是由葡萄糖和没食子酸合成的酯类化合物,在空气中易氧化聚合,也容易络合各类金属离子,是一种结构十分复杂、具有多元酚基和羧基可水解的有机化合物,它能在铁媒染剂下染得极佳的黑色。鞣质的可水解性使它非常容易提取,方法是将壳和树皮破碎后,用热水浸泡,使其溶出。水温以40~50℃为宜,过高,鞣质易分解;过低,则浸出时间太长。其染色机理是在已浸出鞣质的染液中加入铁盐媒染,鞣质先与铁盐生成无色的鞣酸亚铁,再经空气氧化生成不溶性的鞣酸高铁。因鞣酸高铁是沉淀色料,沉积在纤维上后牢度非常好。

3. 石染和草染

石染和草染这两个词汇在古文献中很早就已出现。古人的解释是“染必以石,谓之石染”;“凡染用草木者,谓之草染”。近代纺织史界很多学者也是依此将古代织物染色划分为石染和草染两大类型,并谓:用矿物颜料涂饰织物使之着色为石染;用植物染料浸染织物使之着色为草染。在这里需要指出的是:古人对草染的解释,与今相同,不过古人对石染的解释,与今稍有不同,有些时候也泛指媒染。最典型的例子是东汉时期郑玄注释《论语》中出现的绀、緌二色,谓:“绀、緌,石染。”实际上这两色是植物染料加媒染剂而得。另一个例子是晋裴启《语林》记载的一件事情,云:“王子敬在斋中卧,偷人取物,一室之内略尽。子敬卧而不动,偷遂登榻,欲有所觅。子敬因呼曰:石染青毡是我家旧物,可特置否?于是群偷置物惊走。”若是用矿物颜料着色的青毡,因色牢度不佳,必易污渍与其接触的被褥或衣服,不大可能用作卧榻之物,所以此“石染青毡”,必是媒染青毡。

(1) 石染

由于矿物颜料在涂绘织物过程中没有化学反应发生,只是附着在织物表面或渗入织物缝隙间,颜料与纤维之间没有亲和力,因此,为加强涂绘牢度,往往要借助一些诸如淀粉、树胶、虫胶类的黏合剂,使颜料更好地附着在纤维上。石染的一般方法是:先把矿物颜料研磨成极细的粉末,掺入黏合剂,再根据用途加水调成稠浆或稀浆状。稠浆是以涂刮的方式涂覆在织物上,稀浆是以浸泡的方式附着在织物上。其工艺流程如下:

制颜料浆——→涂覆或浸泡织物——→晾干——→着色织物

这种施色方法出现在新石器时代晚期,当时的研磨工具有不少已出土,如,山西夏县西阴村遗址出土过一个下凹的石臼和一个下端被红颜料沁浸了的石杵;陕西临潼姜寨遗址出土过一块石砚和数块黑色氧化锰颜料,该砚上面有石盖,掀开石盖,砚面凹处有一石质磨棒;兰州白道沟坪马厂期的陶窑遗址出土过研磨用的石板和配色用的陶碟,值得注意的是陶碟中尚存有已配得的紫红色颜料,说明当时已掌握了用不同颜色的颜料混合、调制出不同色彩的技巧。周代以后,石染往往与草染结合在一起使用。《周礼·考工记》中有一段记载,很多学者认为是关于朱砂和植物染料组合染色的描述,原文如下:“钟氏染羽,以朱湛丹秫,三月而烝之,淳而渍之。”其中“朱”为朱草,具体是什么植物待考,“丹秫”为朱砂。这段话的大概意思是:将研磨得极细的丹砂,放入某种红色植物染料的染液中浸泡,三个月后,用火加热练合,待染液变得稠厚了,再浸渍染羽毛。《周礼·考工记》中另有一段记载,内容也与这种工艺有关,只不过采取的方法不是将织物浸入染液,而是采取画的方法。其原文大意是:画、绩之事,杂五色。东方谓之青,南方谓之赤,西方谓之白,北方谓之黑,天谓之玄,地谓之黄。布彩次序是青与白相次,赤与黑相次,玄与黄相次。青与赤相间的纹饰叫作文,赤与白相间的纹饰叫作章,白与黑相间的纹饰叫作黼,黑与青相间的纹饰叫作黻,五彩齐备谓之绣。画土用黄色,用方形作象征,画天随时变而施以不同的色彩。画火以圜,画山以章,画水以龙。娴熟地调配四时五色使色彩鲜明,谓之巧。凡画绩之事,必须先上色彩,然后再以白彩勾勒衬托。其中画、绩之事的“画”,系在服饰上以笔描绘图案;绩则为用绣或类似方法修饰图案和衣服边缘。1974年陕西宝鸡茹家庄西周墓出土的锁绣辫子股刺绣,经分析,绣地和绣线系植物染色,绣线内图案颜色,红色是用朱砂涂染,黄色是用石黄涂染,纹、地色彩界限分明,表明当时的工匠已熟练掌握了“凡画绩之事,后素工”之原则。所谓“后素工”,《周礼·八佾》谓:“绘事后素”方能“素以为绚”。郑玄注:“素,白彩也。后布之,为其易渍污也。”意思是各种重彩布完后,以白彩勾勒,既显示出众彩的绚丽,又可以防止白色渍污。从染色的角度而言,画绩涵容了

草染和石染,这种“草石并用”的工艺,很可能就是汉代出现的印花敷彩工艺的先声。在马王堆一号汉墓出土的文物中,也有一幅用植物染料和矿物颜料涂绘的T字形帛画(图1-65)。帛画的绢地呈棕色,用朱砂、石青、石绿等矿物颜料绘成神话传说以及人物等图像。帛画上部最顶端正中为人首蛇身像。人首披长发,发的末端搭在蛇身上;上半身着蓝色衣,足以下作红色的蛇身,环绕盘结。人首蛇身像的右侧有三只立鸟,左侧只有两只。人首蛇身像之下有两只相对的飞鸟,下悬一铎形器;铎的两旁各有一兽首人身的动物牵绳索骑在异兽上飞奔,似在振铎作响。最下端绘有双网,网上伏豹,网内两人拱手对坐。右上方有圆形的红色太阳,中有金乌。帛画中部图案约占全画的二分之一,由龙、禽、人物等图像构成比较特殊的轮廓。最上边由华纹、鸟纹构成三角形的华盖,其下有鸟在飞翔。两侧由双龙交蟠于壁中,壁下系彩羽并悬一簪。彩羽上立有两只相对的人首鸟身像。交蟠的龙身将图案分为上下两段,各绘有人物的场面。最下边的白色扁平物上,置有鼎、壶等器物。帛画下部正中一力士手托代表大地的白色扁平物。力士腿下横跨一条大蛇,两侧各绘一巨龟,口衔云气纹,背上立一鸱。下部的两侧,画有迴首相对的两兽。画面构图诡奇,繁缛生动,整体布局严密对称,线条流畅,描绘精细,色彩绚丽,在我国考古发现中,实属罕见的艺术杰作。



图1-65 马王堆汉墓出土帛画示意图

(2) 草染

植物染料和矿物颜料虽然都是设色的色料,但它们的作用却是很不相同的。以矿物颜料施色是通过黏合剂使之黏附于织物的表面,其本身虽具备特定的颜色,却不能和染色相比,所施之色也经不住水洗,遇水即行脱落。植物染料则不然,在染色时,其色素分子由于化学吸附作用,能与织物的纤维亲和而改变纤维的色彩,虽经日晒水洗,能不脱落或很少脱落,故谓之“染料”,而不谓之“颜料”。利用植物染料的草染,是我国古代染色工艺的主流。从古代染色工匠的染色经验来看,他们往往将染料分为酸性染料、还原染料和媒染染料三大类,其中媒染染料也包括一些直接染料和碱性染料,如姜黄、黄檗、黄栌、麻栎、胡桃、五倍子等。不同类别的染料采用的制取方法和染色工艺是有差别的。

① 还原染料的制备及染色——以蓝草为例

蓝草是典型的还原染料。最初用蓝草染色,采用的便是鲜蓝草叶发酵法,即

直接把蓝草叶和织物揉在一起,揉碎蓝草叶,让液汁浸透织物;或者把织物浸入蓝草叶发酵后的溶液里,然后把吸附了原靛素的织物取出晾放在空气中,使吡啶酚转化为靛蓝,沉积固着在纤维上。这种染色方法受季节限制,因为植物色素在植物体内难以长期保存,采摘的鲜叶必须及时与织物浸染,否则会失去染色价值。故在制靛技术出现以前,染色只能在夏秋两季进行。大约在魏晋时期,制靛技术出现。北魏贾思勰在其著作《齐民要术》中记载了当时用蓝草制靛的方法:“刈蓝倒竖坑中,下水”,用木头或石头镇压蓝草,以使其全部浸于水中。浸渍时间是“热时一宿,冷时再宿”。然后将浸液过滤,置于瓮中,再按1.5%的比例往滤液中加石灰,同时用木棍急速搅动滤液,使溶液中的靛甙和空气中的氧气加快化合,待产生沉淀后,“澄清泻去水”,另选一“小坑贮蓝靛”,再等其水分蒸发到“如强粥”状时,则“蓝靛成矣”。唐宋以来,各个朝代的许多书里对造靛方法也都有所论述,其中最为大家熟悉的是明代宋应星的《天工开物》里所说的:造靛时,叶与茎量多时入窖,量少时入桶与缸。用水浸泡七天,蓝汁就出来了。每一石浆液,放入石灰五升,搅打几十下,蓝靛就凝结了。水静止以后,靛就沉积在底部。内容与贾书基本相同,但有些地方更为详细。所述蓝草水浸时间远较前者为多,这主要是为了增加靛蓝的制成率,当然也具备了更多的科学性。

在使用经化学加工的靛蓝染色时,需先将靛蓝入于酸性溶液之中,并加入适量的酒糟,再经一段时间的发酵,即成为染液。染色时将需要染色的织物投入浸染,待染物取出后,经日晒而呈蓝色。其染色机理是酒糟在发酵过程中产生的氢气(还有二氧化碳)可将靛蓝还原为靛白。靛白能溶解于酸性溶液之中,从而使纤维上色。织物既经浸染,出缸后与空气接触一段时间,由于氧化作用,便呈现鲜明的蓝色。为增加上染率,民间染蓝多采用复染工艺。所谓复染,就是把纺织纤维或已织制成的织物,用同一种染液反复多次着色,使颜色逐渐加深。这是因为植物染料虽能和纤维发生染色反应,但受限于彼此间亲和力的高低,浸染一次只有少量色素附着在纤维上,得色不深,欲得理想浓厚色彩,须反复多次浸染。而且在前后两次浸染之间,取出的纤维织物不能拧水,要直接晾干,以便后一次浸染能更多地吸附色素。

②酸性染料的制备及染色——以红花为例

红花素从结构上来看与现在定义的酸性染料并不相同,但因为红花素只能在酸性浴中上染,因此也可称为酸性染料。如前述,红花中含有黄色素和红色素两种色素,其中只有红色素具有染色价值。近代染色学中提取红花素的方法是利用红色素和黄色素皆溶于碱性溶液、红色素不溶于酸性溶液、黄色素溶于酸性溶液的特性。先用碱性溶液将两种色素都从红花里浸出,再加酸中和,只使带有荧光的红花素析出。我国自汉以来的各个时期,也一直是利用红花的这种特性来提纯

和染红的。

红花染料的制备形式一般有两种：一种称为干红花，另一种是红花饼。干红花的制作法在《齐民要术》中有详细记载，称为杀花法。其法是：先捣烂红花，略使其发酵，和水漂洗，以布袋扭绞黄汁，放入草木灰中浸泡一些时间，再加入已发酵之粟饭浆中同浸，然后以布袋扭绞，备染。（按：草木灰为碱性溶液，而发酵的粟饭浆呈酸性。）红花饼制法最早见于晋代张华《博物志》，但以明代宋应星《天工开物》所载最为详细：“带露摘红花，捣熟，以水淘，布袋绞去黄汁；又捣，以酸粟或米泔清又淘，又绞袋去汁。以青蒿覆一宿，捏成薄饼，阴干收贮。染家得法，我朱孔阳，所谓猩红也。”在制饼过程中加入青蒿可防止红花饼霉变。在染色时，为使红花染出的色彩更加鲜明，要用呈酸性的乌梅水来代替发酵之粟饭浆，使红色素析出。《天工开物》载：“（染）大红色。其质红花饼一味，用乌梅水煎出，又用碱水澄数次。或稻稿灰代碱，功用亦同。澄得多次，色则鲜甚。染房讨便宜者，先染芦木打脚。”“（染）莲红、桃红色，银红、水红色。以上质亦红花饼一味，浅深分两加減而成。是四色皆非黄茧丝所可为，必用白丝方现。”特别值得指出的是，我国古代不但能够利用红花染色，而且能从已染制好的织物上把已附着的红色素重新提取出来，反复使用。这在《天工开物》里也有明确记载：“凡红花染帛之后，若欲退转，但浸湿所染帛，以碱水、稻灰水滴上数十滴，其红一毫收转，仍还原质，所收之水藏于绿豆粉内，再放出染缸，半滴不耗。”这段记载听起来好像不易理解，其实是有道理的。这便是利用红花红色素易溶于碱性溶液的特点，把它从所染织物上重新浸出。至于将它储于绿豆粉内，则是利用绿豆粉充作红花素的吸附剂。事实上，这一技术早在唐初就已为人们所掌握。在吐鲁番出土的很多印花织物便是用这一原理进行防染和拔染印花出来的，因此，很可能正是由于红花素这一特殊的性能，从而导致了拔染印花的产生。

③媒染染料的制备及染色——以紫草和槐米为例

在植物染料中，除少数几种外，大多数都对纤维不具有强烈的上染性，不能直接染色，必须借助金属盐类媒染剂，使染料分子中的配位基团和金属盐发生化学反应，色素才能以络合物的形式附着在纤维上。媒染不仅适用于染各种纤维，而且利用不同的媒染剂，同一种染料还可染出不同的颜色。

媒染植物染料的色素一般均可直接用水煎出，因此，其染料制备之关键也就在于保存色素，其方法较之靛蓝和红花要简单得多。以紫草为例，为不使色素变质，在收割之时就要注意一些事项，如《齐民要术》所载：收割之时“四扼为一头，当日即斩齐，颠倒十重许为长行，置坚平之地，以板石镇之令扁（湿镇直而长，燥镇则碎折，不镇卖难售也）。两三宿，竖头著日中，曝之浥浥然（不晒则郁黑，太燥则碎折）。”可见这样做不仅色素保存得好，成品的外观也好看，利于出售。再以槐米为

例,《天工开物》载槐花饼制法:花未开者曰槐蕊,“取者张度箕稠其下而承之,以水煮一沸,漉干捏成饼,入染家用。既放之花,色渐入黄,收用者以石灰少许晒拌而藏之”。显然石灰晒拌是为了干燥,以防色素丢失,而制饼是为了有个好形状,以便运输和出售。

紫草和槐米这两种染料植物如不用助染剂,紫草基本不能使纤维着色,槐米只能染黄色,但染色牢度极差。只有加铝盐或铁盐媒染剂后,它们才能分别染出红色、紫色和黑色,且染色牢度较佳,所以媒染剂是必不可少的工艺条件。

古代媒染剂大多为铁剂和铝剂两类。

铁离子媒染剂的主要来源有三个:一是黄铁煤矿石的浆液;二是用黄铁煤矿石焙烧的绿矾;三是含铁的河泥。其中绿矾最为重要,因其能用于染黑,故又称皂矾。其化学组成为 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$,易溶于水,可在空气中逐渐氧化成硫酸铁,其铁离子能与媒染染料中的配位基团络合。在中国古代众多应用矾中,这种矾的制造工艺是最早出现的,而它的出现很有可能就与染皂有关,甚至有学者认为“那时生产的绿矾实际上主要就是利用它来媒染皂黑”。唐代陈藏器《本草拾遗》记载了一种锈蚀铁器制作铁媒染剂的简便方法,谓:“取诸铁于器中水浸之,经久色青沫出,即堪染青。”其原理是让铁在水中被氧化成氧化铁,并转化为氢氧化铁而沉淀,极少量的铁离子能起到媒染作用。

铝离子媒染剂主要来源于明矾,亦即白矾。它系硫酸钾和硫酸铝的复盐,分子式是 $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$,入水即水解,生成氢氧化铝胶状物,其铝离子能与媒染染料中的配位基团络合。自然界中并无明矾,它是人工焙烧白矾石的产物。我国开始焙制明矾的时间,有籍可查的,至少可追溯到汉代,在大约成书于西汉后期的《太清金液神气经》中的丹方里曾明确提到使用明矾。还有少量铝离子媒染剂来源于含铝离子植物的草木灰,历史上用于烧灰作媒染剂的植物主要有藜、柃木、山矾、蒿等。据现代科学方法测定,他们之中均含有丰富的铝元素。

媒染工艺不外乎同媒法、预媒法、后媒法和多媒法四种。其中同媒法是将织物直接放在加有媒染剂的染液中染色,较有代表性的是《齐民要术》所载用地黄染御黄的方法以及染蓝时将草木灰放入蓝靛液染蓝的方法。预媒法是将媒染剂溶于水,先将织物在这个水溶液中浸泡一段时间后取出,再放入溶液入染。较有代表性的是紫草染色,这是因为紫草色素的化学成分主要是萘醌衍生物,如紫草醌和乙酰紫草醌,由于这两种紫草醌的疏水性侧键比较长,因此水溶性要差一些,采用预媒染的方法可得到较好的染色效果。后媒法与预媒法正好相反,即先将织物在染液中浸染一段时间后取出,再放入有媒染剂的水溶液中浸泡。它的特点是先以亲和性不很强的染料上染,使染料在纤维上和染浴中达到平衡、匀染,然后用媒染剂使其在纤维表面形成络合,并可根据需要掌握后媒浓度,以达到适当的色彩。

因此,它较之于同媒法或预媒法的优点在于匀染好,终点准。较有代表性的是槐米染油绿色,其法是用槐米薄染织物,取出后再用青矾盖。多媒法是指先用明矾预媒,然后染色,再用青矾后媒的媒染工艺。其原理是先使一些能与染料络合但得色较浅的媒染剂,如铝媒染剂,先与纤维以离子键结合,然后将预媒后的纤维染色,这样染料较易上染并与已有的金属离子络合,最后由得色较深的媒染剂盖上,如铁媒染剂,此金属离子就与大部分吸附在纤维表面的染料络合,或是将原来络合中的铝离子取而代之,从而获得较深、较匀、较牢的色泽。较有代表性的是苏木染枣褐色,其法是将织物用明矾预媒,在入苏木溶液浸染,取出后再用青矾盖。

在上述几种染色工艺中,视不同的植物染料,染色效果好坏不一,但就多数媒染染料而言,预媒法得色不牢,终点不准;同媒法不易染匀染准;后媒法速度较慢;相对而言,多媒法染色工艺更为合理。总之,媒染染料较其他染料的上色率、耐光性、耐酸碱性以及上色牢度要好得多,它的染色过程也比其他染法复杂,媒染剂如稍微使用不当,染出的色泽就会大大偏离原定标准,而且难以改染。因此,必须正确地使用,才能达到目的。

(三)印花技术

织物上的花色既有通过织机直接织出的,也有通过印花得到的。所谓印花是使染料或涂料在织物上形成图案的过程,它有型版印、蜡染、扎染、拔染等多种工艺方式,其中型版印是古代的主要印花方式。

1. 型版印花

型版印花是最古老的织物印花方式,它的出现和娴熟运用,使人类积累了丰富的有关印花工具、印花效率、印花效果等方面的知识和经验,为其后印刷术的发明打下了基础。用于给织物印花的型版有凸版和镂空版之分,所用印花工艺方法也是不同的。

(1)凸版印花

凸版印花是在平整光洁的木板或其他类似材料上雕刻出事先设计好的图案花纹,再在图案凸起部分上涂刷色彩,然后对正花纹,或以押印的方式,施压于织物,工艺类似于日常生活中以图章加盖印记;或先将织物铺于凸版上进行碾压,使织物按版的形状起伏,再用刷子刷上颜色,工艺类似于传统碑帖印刷中的拓片做法。

我国早在新石器时代就采用凸版印制陶纹,至周代始用于印章、封泥,以至春秋战国时期,开始用于织物,到西汉时期工艺已相当成熟。同期的广州南越王墓和湖南长沙马王堆汉墓都出土过印花实物,相互印证了当时印花达到的高水准。

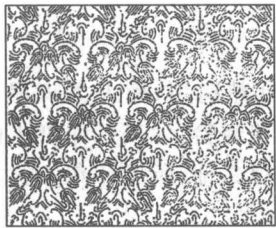
广州南越王墓是西汉初年南越国第二代王赵昧的陵墓。1983年发掘时,出土文物中有“文帝行玺金印”一方以及“赵昧”玉印,证明了陵墓主人的身份。在该墓中不仅出土了一些印花丝织物,还出土了一大一小两件青铜质的印花凸版。大件凸版,长57 mm、宽41 mm,呈扁薄板状。其上纹线凸起,且大部分十分薄锐,厚度为0.15 mm左右,并有磨损和使用过的痕迹,唯下端柄部的纹线处厚达1.0 mm左右,正面花纹近似松树形,兼有旋曲的火焰状纹。小件纹版,纹样呈人字形(图1-66)。如单独使用这两块纹版中的某一块印花,纹样都会显得单薄,很可能是配合起来套印用的。值得注意的是,同墓出土的一些印花丝织物花纹,即为白色火焰状纹,花纹形态与松树形印花凸版相吻合。以印花纹版作为随葬品,或者是墓主生前十分珍爱之,或者说明印花纹版作为一种技术还被王公贵族垄断而秘藏之。



图 1-66 南越王墓出土印花纹版纹样

湖南长沙马王堆汉墓出土的印花织物保存较好的有五件,其中有两件最具代表性,按其工艺性质,分别被命名为印花敷彩纱和金银印花纱。这两件印花品不仅印花工艺高超,在审美效果上亦达到很高的境界。

印花敷彩纱的敷彩,有朱红色、黑色、银灰色、粉白色几种。其所用的着色剂种类,朱红色为朱砂(硫化汞),黑色为碳素(墨),银灰色为硫化铅,粉白色为绢云母。这些着色剂均为颜料,以干性油类为黏结剂,以凸纹花版印制在织物上。它



金银印花敷彩纱纹样



图 1-67 马王堆汉墓出土的
(西汉)印花纱分版示意图

的纹样骨架,为藤本植物的变形。单元纹样高约4 cm,宽约2.2 cm,外廓呈菱形(图1-67)。印花图案由四个单元图案上下左右连接,构成印花纹版的菱形网格。织物上的印花单元图案纵横连续,错综排列,通幅有二十个单元图案分布。在印花的单元纹样中,用藤蔓婉转的线条印底纹,用朱红色绘出下方花须,用重墨点出花蕊,用银灰色勾绘叶和蓓蕾纹点,用棕灰色勾绘叶和蓓蕾的苞片,用黑灰色绘叶等纹样结构。其中,藤蔓底纹可能是用凸纹版印制细挺婉转的灰色条纹,其余部分如花、叶、蓓蕾、花蕊、苞片、花须等则是在织物上印好底纹后,再由手工

描绘上去的,即所谓敷彩。因此,纹样结构上就有极为明显的笔法特征。而且仔细观察可以发现,组成图案单元的各种细小线条,在部位和笔法上不完全相同,表现出栩栩如生的笔力效果。

由此也可知,其印花工艺过程实际上是凸版印花与画缣的结合,并可概括为两步。第一步,印底纹。先将素纱织物平放,按纹样要求的距离定位,并做好记号。从织物的幅边开始,按照定位记号,先左右,后上下,用蘸有色浆的印花纹版押印。由于单个纹样的面积很小,为了提高工效,有可能还将四个小的单元图案并为一版,即并成长 8 cm、宽 4.4 cm 的大菱形网纹版。即便如此,每平方米 800 多个小单元纹样,仍需 200 余版才能完成底纹的印制,可想见操作的难度。从实物来看,骨架纹样定位准确,藤蔓图案线条光挺流畅,没有发现印花色浆扩散和线条迭压的情况,效果十分完美,显示了当时印花工匠娴熟的技艺。第二步,敷彩。首先用朱红色绘出菱形骨架下方的红色花须,再在红色花须上方重墨点出花蕊,然后用蓝紫色、暖灰色、银灰色依次勾叶,最后用粉白色勾绘叶边,起强调、凸显浪形叶片的作用。其中朱红色花须是整件图案的点睛之笔,它使画面显得生机勃勃,具有强烈的动感。

泥金银印花纱的纹样,单位长 6.17 cm,宽 3.7 cm,由三块不同的纹版分别套印而成,即“个”字形定位纹版、略呈长六边形的主题纹版、起点缀作用的小圆点纹版。这是世界上目前发现的最早的套版印花作品,并且使用了三块纹版套印,具有很高的工艺水平。

它的印制过程基本上分三步,依次是:先用定位纹版印出银白色的“个”字形网络骨架;再用主题纹版在网络内套印出银灰色的花纹曲线;最后用小圆点纹版套印出金黄色迭山形点缀纹。从实物来看,银色线条光洁挺拔,交叉处无断纹,没有溅浆和渗化斑点,有些地方虽由于定位不十分准确,出现印纹间的相互叠压以及间隙疏密不匀的现象,但仍反映出当时套印技巧所达到的谙练程度。

在今天的新疆仍可看到维吾尔族人使用手工凸版木戳印花和木滚印花。木戳印花,形同盖图章。用木头雕好花纹,状若木戳,把染料涂在戳上,盖印面料。因木戳面积小,故上面的花纹回头较小,多为密排的四方连续图案。木戳的雕刻很特殊,刻纹极深,可达 7~10 cm。也可以套色,先用一种木戳印出骨架,再换另一种木戳换色印出花朵,形成双色图案(图 1-68)。木滚印花,则是在圆柱形木滚表面雕出花纹,涂上染料进行滚印,形同现代的滚筒印花,连续不断滚动下去

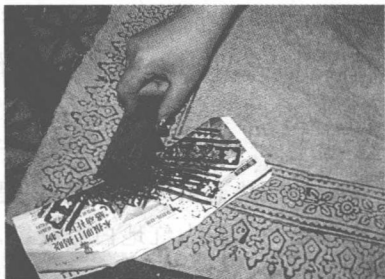


图 1-68 木戳印花

可印出无限延长的连续图案。木戳可用于局部或各种中小型的装饰花纹；木滚印花由于是用雕刻花纹的圆木进行滚印，所以适于幅度较大的装饰花纹。

中国虽然发明了印花技术，并在18世纪之前的很长时间内领先于其他国家，却始终手工操作，没有出现印花机器。世界上最早出现的印花机是滚筒印花机，又称铜辊印花，问世于18世纪末的欧洲。这种机器上面安置着刻有凹形或凸形花纹的铜制滚筒。印花时，先使花筒表面沾上色浆，再用刮刀将花筒未刻花部分的表面色浆刮除，使凹形花纹内留有色浆。当花筒压印于织物时，色浆即转移到织物上而印得花纹。每只花筒印一种色浆，如在印花设备上同时装有多只花筒，就可连续印制彩色图案，特别适合成匹布料的连续转印，但花样套色和大小受花筒数和圆周大小的限制。1780年，苏格兰人T. 贝尔发明滚筒印花机，1783年获得专利。1785年，第一台六套色印花机在英国纺织业中心兰开夏安装使用，可代替40个凸版印花工人的操作。它的发明不仅使劳动生产率大幅度提高，也为机器印花开辟了新的途径，迄今仍属主要印花方法之一。

(2) 镂空版印花

镂空版印花指的是在不同质的版材上按设计图案挖空，雕刻成透空的镂空版，或将织物夹在两块镂空版之间放入染液中浸染；或将镂空版置于承印物之上，用刮板（刷子）施色。古代最具代表性的镂空版印花是夹缬工艺和蓝印花布工艺。

① 夹缬工艺

夹缬是用两块雕镂相同的图案花版，将布帛对折并紧紧地夹在两板中间，然后将染液或灌注、或浸入镂空部位内，使织物着色。除去镂空版后，对称花纹即可显示出来。有时也用多块镂空版，着两三种颜色复染。古代“夹缬”的名称可能就是由这种夹持印制的方式而来的。

1978—1979年间，考古工作者在江西省贵溪县渔塘公社仙岩一带的春秋战国时期的崖墓群中，发掘出200余件文物，其中有几块印有银白色花纹的深棕色苧麻布，就是用镂空版印制的。该墓同时还出土了两块刮浆板，刮浆板为25 cm×20 cm的平面长方形薄板，断面为楔形。这是迄今世界上发现的最早的型版印刷文物。秦汉时期，文献中开始出现夹缬的记载，高承《事物纪原》卷十引《二仪实录》云：夹缬“秦汉间有之，不知何人造，陈梁间贵贱通服之”。迄今能见到的最早出土的夹缬实物有两块，见于南北朝墓葬。一是新疆于田县屋于来克北朝遗址出土的一块蓝白印花棉布，二是新疆吐鲁番阿斯塔那北朝末年墓葬群中的309号墓出土的一块大红地白点纹缬。前者的工艺是将织物紧紧夹在两块镂空板中，于镂空处涂刷或灌入色浆，待色浆完全干燥后，除去镂空板即告完成。后者的工艺也是将织物紧紧夹在两块镂空板中，但在镂空处不是涂以色浆，而是涂以蜡。待蜡

凝固后,解去镂空板,将织物放入染液中浸染。染后晾干去蜡,花纹便呈现出来。到隋唐时期,夹缬制品逐渐成为最流行的纺织品,并一直延续了几代。文献记载,隋大业年间,隋炀帝曾命令工匠印制五色夹缬花裙数百件,以赐给宫女及百官的妻妾。唐玄宗时,安禄山入京献俘,玄宗也曾以“夹缬罗顶额织成锦帘”为赐。此外,《唐语林》记载了这样一件事:“玄宗时柳婕妤有才学,上甚重之。婕妤妹适赵氏,性巧慧,因使工镂板为杂花之像,而为夹缬。因婕妤生日,献王皇后匹,上见而赏之。因敕宫中依样制之。当时其样甚秘,后渐出,遍于天下,乃为至贱所服。”可见夹缬品尽管已问世了近千年,但技术一直被宫廷垄断,没有传到民间,直到玄宗以后才逐渐流行于全国。唐中叶时制定的“开元礼”制度,规定夹缬印花制品为士兵的标志号衣,皇帝宫廷御前步骑从队,一律穿小袖齐膝染缬团花袄,戴花缬帽(这一制度也曾被宋代沿袭)。连军服都用夹缬印花,可以想象夹缬制作工艺传到民间后运用之广。自宋代起,镂空印花版逐渐改用桐油涂竹纸代替以前的木板,并增添了印金、描金、贴金等工艺。福州南宋墓出土的纺织品中,就有许多衣袍镶有绚丽多彩、金光闪烁、花纹清晰的夹缬花边制品。

现今浙江苍南宜山镇八岱村还保存着传统的夹缬工艺。其地的夹板以木为之,制作时首先将木板切成板块,刨光、刨平,放在水里浸泡一周左右,除去树脂。然后贴在木板上,贴平贴牢,再用斜刀快速打出图案上的线条轮廓,继而用圆刀和平刀,从左到右敲出约 0.4 cm 深的沟线,基本凿出版面图案的坯样,这些沟线就是“明沟”。还要在木线之间挖出暗道,作用是让染料流到那些独立的花纹中。施色时先将整理好的白色棉布对折放在花版中间夹好,再连版带布泡在发好靛的靛青液里。夹染的重要设备是染台,染台由八只染缸组合而成,染缸高 1.25 m,大腹尖底,口径约 1 m,腹径约 1.08 m,底径约 0.6 m,大腹主要是为了增加染液的容量,容纳夹有布料的木版。利用杠杆吊将雕板组吊入染缸中,浸染半小时左右,吊离染缸,在空中稍作停留,并进行第二次浸染。然后将雕板组上下翻转,做第三、第四次浸染。浸染过程中注意整理棉布褶皱处,以防粘连。染好以后,将布从雕板上取下,平铺在河水中漂洗,然后搭在高竹架上晾干。

② 蓝印花布工艺

蓝印花布是指用从蓝草中提取的靛蓝作染料,用石灰、豆粉合成灰浆拷蓝的印染工艺产品。工艺原理属于物理防染技术,即以浆料防住染液,得到深地白花或白地深花的效果。常用的方法有两种:一种是用两块花版,近似前述的夹缬方法,差异是布帛对折紧紧地夹在两花版中间后,不是将染液或灌注、或浸入镂空部位内,而是将防染浆料涂刮在镂空部位内,待防染浆料干后再入染缸。另一种是只用一块花版,将花版铺在白布上,用刮浆板把防染剂刮入花纹空隙漏印在布面

上,干后入染。不管是那种方法,晾干后刮去防染剂,都会显现出蓝白花纹。

古称蓝印花布为“药斑布”或“浇花布”,工艺始见于宋代。《图书集成》引旧记称:“药斑布出嘉定及安亭镇,宋嘉定中归姓者创为之。以布抹灰药而染青。”同书松江条称:“药斑布俗名浇花布,今所在皆有之。”明清时期,蓝印花布因其蓝白相次,蓝得浓烈,白得纯洁,花纹轮廓整饬划一,线条朴拙醒目,图案吉祥喜庆的特点,在民间极为盛行,清末曾创下年产 60 万匹的生产量。产地有江苏、浙江、湖南、山东、河南、河北、四川、山西、陕西以及东北各省等,并各自形成了独特的风格,其中以江苏、浙江最具特色。

蓝印花布所用花版以纸板制作者居多,一般是将皮纸或宣纸多层裱糊,然后涂刷桐油或柿油,以增强防水性能。不过也有先不刷桐油,刻版后再刷的做法。刻版的方法近似剪纸中的刻纸。因纹样必须是整体相连,不得断开,在务使纹样明晰舒朗的前提下,镂空部分应尽量缩小,故纹样中不可避免地出现了许多短线、圆点等基型。如传统的“鸳鸯戏荷”图案的花版,便是用特制的“钹子”在纸板上敲凿圆点而成,纹样或由无数圆点排成线条勾勒出,或用圆点铺陈底色构成一个装饰层次。花版刻好之后,还要先用卵石将花版打磨平整,然后刷一遍生桐油,再刷一遍熟桐油或大漆。若纸版在镂刻之前已经刷过油,此时也需再刷一遍。旧时在山东、江苏等蓝印花布发达地区,有专门以镂雕花版出售为生的艺人。染色时将制好的花版铺在白布上,刮涂防染浆料。刮灰时用力一定要适中,以免刮坏棉布。浆料一般是用黄豆粉和石灰调制而成的,有时也根据花型要求采用糯米粉和石灰调制。染色所用植物染料为蓼蓝制成的蓝靛,因蓼蓝本身具有除虫消毒之药效,其汁所染之布,蚊、虫避之。李时珍《本草纲目》曾介绍说,如果被毒箭所伤,一时找不到草药,可“以青布渍汁”,吸其汁解毒。布染后经清洗,再用刮灰刀或家用菜刀铲去面料上的浆料,灰浆处露出本色,布面呈现出蓝底白花的面貌。而在灰浆块大的地方,灰层在染色的卷动中自然裂开,蓝靛随着裂缝渗透到坯布上,留下了人工无法描绘的自然纹理。因受到刮浆、染色、晾晒等工艺因素的影响,蓝印花布的长度一般限定在 12 m 以下,晾晒时由染色师傅用长竹竿将湿布挑到 7 m 高的晒架上。

传统的蓝印花布一般分为专用花布和通用花布两大类。前者民间又称“件料”,指在专用尺寸的布料上拓印相应的花纹。最常见的纹样和款式是被面、床单、门帘、桌布、包袱一类。后者民间又称“匹料”,指那些可供任意剪裁、缝制成衣裳、被单、门帘等的布料。两者的区别在于,前者因图案服从于成品的形状,故无须剪裁。后者图案一般以小花、中花为主,故可任意剪裁。

蓝印花布的两个重要元素是蓝和白两色。两者相配,彰显出蓝色的张扬,白色的耀眼,不落凡俗的秀气,不失明快的典雅,这些朴拙韵味映照出其独特的文化魅力。

2. 蜡缬和绞缬

蜡缬和绞缬的工艺实质都是防染工艺,即利用“缬”的方法在织物的某些部位防染。如蜡缬用蜡防染,绞缬用扎缝的方法防染。关于这两种缬染方法的起源时间,在纺织史界有些争论。

(1) 蜡缬

蜡缬,现在称为蜡染。关于它的起源时间,有学者认为“汉代的蜡缬工艺技术已经成熟”。其根据是1959年新疆民丰尼雅东汉墓葬出土的一块“蜡缬棉布”(图1-69)。该布面蜡缬图案有龙、狮、花卉和人物,图案精巧细致的程度,为当时其他印花技术所不及。但也有学者完全否定这个观点,认为这块“蜡缬棉布”断代有问题,不是汉代实物。其理由是:这件作品出现于20世纪50年代,有说是



图1-69 新疆民丰尼雅东汉墓葬出土的蜡缬棉布

从新疆民丰北大沙漠东汉墓出土的,亦有说从民间征集的。因始终未见有关这件作品出土的确切的考古报告,因此,出自东汉墓似不足信。再者,这件作品中的人物弯眉、高鼻、深目、体态丰满、袒胸露乳,颈部挂璎珞,头后有所谓“背光”,左手持一角状物,角状物上部有谷状颗粒,整体容貌特征“不类中原”。人物形象应是在公元2—3世纪才出现的西亚宗教人物德纽凯,即神话中手持丰收角、象征五谷丰登的丰收女神。而且该蜡缬品虽然发现于我国丝路某地,但不能据此断定是我国所产,因为人、兽图案同存是西亚纺织纹样的最显著特点之一,且工艺风格与我国蜡染作品风格相去甚多,所以它极大可能是从西亚传入的。此外,还有学者认为这块“蜡缬棉布”是“印度输入品”。尽管众说不一,但新疆于田县屋于来克北朝遗址出土的蓝色蜡缬棉织品以及新疆吐鲁番阿斯塔那85号墓出土的西凉时期蓝底白花蜡缬绢,证实我国蜡缬的实际起源时间应不晚于南北朝。另据分析,阿斯塔那85号墓出土的蜡缬绢,图案是由七瓣小花和直排圆点构成,采取点蜡方法制成的,即用几种凸纹点蜡工具蘸蜡点在织物之上,每一种工具蘸蜡部位都被分别刻成一排或一圈圆点。反映出当时制蜡和点蜡手段已相当熟练。到隋唐时期,蜡染技术得到较大发展,花纹除单色散点小花外,还有不少五彩的大花。蜡染制品不

仅在全国各地流行,有的还作为珍贵礼品送往国外。日本正仓院就藏有唐代蜡缬数件,其中“蜡缬象纹屏”和“蜡缬羊纹屏”均系经过精工设计和画蜡、点蜡工艺而得,是古代蜡缬中难得的精品。及至宋代时,中原地区各种印染技术渐趋成熟,蜡染因其只适于常温染色,且色谱有一定的局限,故逐渐被其他印花工艺取代。但是在边远地区,特别是少数民族聚居的贵州、广西一带,由于交通不便,技术交流受阻,加之蜡的资源丰富,蜡染工艺得以继续发展流行。

传统的蜡染方法有两种:一种是夹缬的方法,即把布夹在两块镂空版中间,往镂空处灌入融化的蜜蜡。采用这种方法生产的蜡染制品,历史上以广西瑶族的“瑶斑布”最为著名。周去非《岭外代答》记载:“以木板二片,镂成细花,用以夹布,而熔蜡灌于镂中,而后乃释板取布,投诸蓝中,布既受蓝,煮布以去其蜡,故能变成极细斑花,炳然可观。”一种是画蜡的方法,即用三至四寸的竹笔或铜片制成的蜡刀,蘸上蜡液在平整光洁的织物上绘出各种图案。画蜡用的蜡刀用双层铜片或多层铜片叠摺在一起,铜片之间保持一定间距。铜片以紫铜最好。沾蜡后蜡液就留在铜片之间,接触布面后,敷着在布上。画蜡时,需掌握好蜡液的温度,温度过高,蜡液会四处渗开;温度过低,蜡液浮在坯布面上会很快凝结而不能起防染作用。

两种蜡染方法的单色染,都采用靛蓝染料染色。其过程是:待织物上的蜡液干后,缓缓地放入染缸,染20~30分钟,将织物捞出,在空气中氧化,再放入缸中染色。如此反复多次。一般浅色染2~3次,深色浸染可多达7~8次,甚至10次。最后几次染色前,可刷豆浆以加强染液的固着力。

两种蜡染方法的复色染,也都是用“套染”方法实现的。如深、浅蓝二色套染,可在浅蓝色染成后,用蜡封住要保留的浅蓝部分,再继续染色至深蓝。套其他色则在染蓝色前,用彩色染料涂在需要的部位,并用蜡封住彩色部分,再染靛蓝。亦可先染成靛蓝,去蜡后再上彩色。

在今天广西南丹白裤瑶族聚居区,仍保留着用一种树蜡染制传统服装的习惯。这种蜡取自一种他们称为“粘膏树”的树浆。据说一些植物学家曾多次深入瑶乡对粘膏树进行考察,但始终确定不了当地这种特有乔木的学名,只好把它笼统定性为楮科类植物。粘膏树的树干生长形状与其他树没有什么不同,但取过胶的粘膏树形状会发生变化,即取胶部位树干的生长发育明显快于其他部位,而且因取胶部位多高于人的身高,故取过胶的粘膏树树干形状多为棒槌状(图1-70)。令人称奇的是,凡白裤瑶长期居住的寨子几

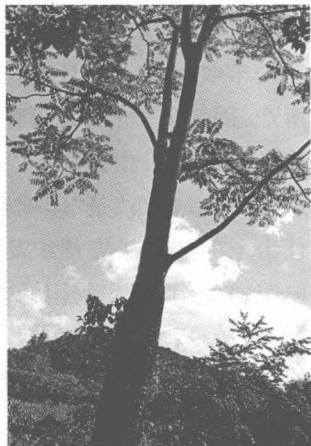


图 1-70 粘膏树

乎都生长有粘膏树,而附近壮族、汉族村寨里则甚少见到。为使粘膏树能连续地流出粘膏,白裤瑶人要用刀斧在树干上经常凿出一些小洞。一般是在树长到 2 m 多高时,即在树干 1.5 m 以上的部位像蜜蜂筑巢一样进行有规则地凿洞,时间是每年的三四月份。这些经过砍凿的树干,到第二年开春后就有粘膏从砍凿的小洞中自然流出。年年砍凿,年年流,砍凿次数越多,时间愈久,流出的粘膏就越多,膏质也越好。一棵初次被砍凿的粘膏树,第一年只能生产几两粘膏,随着树龄的增长和不断地砍凿,粘膏的产量也会逐年提高,一棵百年左右的粘膏树约可产粘膏 10 kg。采下的呈淡黄浆状的粘膏不能直接使用,需将它与牛油一起熬制成可凝固的蜡料。因蜡料在天气热时易自行融化,白裤瑶人多在秋冬季节画蜡和染色。由于粘膏制成的蜡料延展性较好,可以绘制纤细而清晰的线条,浆染的图案也比普通蜡染更为精细。据调查,一般一个白裤瑶家庭一年需要用粘膏 2~3 kg,家庭成员多的可达 10 kg。

由于在浸染中作为防染剂的蜡的自然龟裂以及织物自身的皱褶,入染后色料渗入裂缝,蜡纹往往会随机呈现出一丝丝不规则的“冰纹”,形成蜡染制品独特的装饰效果。

(2) 绞缬

绞缬,又名撮缬或扎缬,在民间也通常称之为撮花。“缬”之名亦是由绞缬而来,《广韵》释缬为:“结也。”《增韵》释缬为:“文缬。”唐玄应《一切经音义》卷十释缬为:“谓以丝缚缙,染之,解丝成文曰缬也。”元代《古今韵会举要》亦云:“缬,系也,谓系缙染为文也。”关于它的起源时间,有学者认为出现在汉代,仅是根据南北朝时绞缬技术已十分成熟的情况推测的,未见汉代文献资料,更未有出土实物印证。迄今最早的实物是新疆阿斯塔那古墓出土的建元二十年(384 年)大红地白点花纹绞缬绢。同时期的实物还有阿斯塔那建初十四年(公元 418 年)韩氏墓出土的绛地白色方形绞缬绢。故有学者将其出现时间保守地定为东晋早期。这是比较可取的,毕竟有不容置疑的出土文物摆在面前。东晋南北朝期间,流行的绞缬花样有蝴蝶、腊梅、海棠、鹿胎纹和鱼子纹等(图 1-71),其中紫地白花酷似梅花鹿毛皮花纹的鹿胎缬最为昂贵。在陶潜《搜神后记》中记述有这样一件事:一个年青的贵族妇女身着“紫缬襦(上衣)青裙”,远看就好像梅花斑斑的鹿一样美丽。显然,这个妇女穿的衣服是用有“鹿胎缬”花纹



图 1-71 新疆吐鲁番阿斯塔那 85 号墓出土的西凉时期的绛地白色方形绞缬绢

的绞缬制品缝制的。从唐到宋,绞缬制品依然非常流行,见于记述的绞缬花纹名称便有撮晕缬、鱼子缬、醉眼缬、方胜缬、团宫缬等多种,许多妇女都将其作为日常最偏爱的服装材料穿用,其流行程度在当时的陶瓷和绘画作品上得到翔实反映。如当时制作的三彩陶俑、名画家周昉画的《簪花仕女图》以及敦煌千佛洞唐朝壁画上,都有身穿文献所记民间妇女流行服饰“青碧缬”的妇女造型。另据陶穀《清异录》记载,五代时,有人为了赶时髦,甚至不惜卖掉琴和剑去换一顶染缬帐。小小的一件纺织品,如此让人渴望拥有,足以说明绞缬制品在这时期风行之盛、影响之深。元明时,绞缬仍是流行之物,元代通俗读物《碎金》一书中记载有檀缬、蜀缬、锦缬等多种绞缬制品。

绞缬的工艺方法有三种:一是逢绞或绑扎法,先在待染的织物上预先设计图案,用线沿图案边缘处将织物钉缝、抽紧后,撮取图案所在部位的织物,再用线结扎成各种式样的小绞。浸染后,将线拆去,扎结部位因染料没有渗进或渗进不充分,就呈现出着色不充分的花纹。二是打结或折叠法,将织物有规律或无规律地打结或折叠后,再放入染液浸染,依靠结扣或叠印进行防染。三是以谷粒作为衬垫物,在外部以线扎结,可制得圆圈形或鱼子形的散布花样。如先扎成球包,在球包上再分枝扎结,则能得到多种奇丽的花型。扎结的线材,须有相当强度。打成线圈时,要使成结简单而不易滑脱,经浸染和干燥后,解除线圈方便。染色时,因扎结部分染液不能正常渗透,染后就呈现出纹样。由于织物纤维的毛细管效应,制出的花纹带有美观的无层次色晕,后世在此基础上又发展出撮晕染。元代胡三省在注《资治通鉴》时不但详细总结出绞缬其工艺细节,而且明确地提出其工艺特点是结处无色,余则有色,谓:缬“撮采以线结之,而后染色。既染则解其结,凡结处皆原色,余则入染色矣。其色斑斓谓之缬”。在早期的出土实物里均可看到这些工艺痕迹,如阿斯塔那韩氏墓出土的绛地白色方形绞缬绢,其表面有明显的折叠痕迹和针眼,扎绞方法可能是先将织物折成三折,然后用线进行锯齿形穿缝并抽紧。同一地区出土的朵花纹缬则不是这样,因为该图案有十字形深色效果,故必须采用较为特殊的折叠法,即必须使十字形组成叠在一起的四条边,然后用线穿缝,再将四条边和其他部位分开,抽紧后,线的上下层分别染成两色。

(四)后整理技术

整理是织物加工的最后道工序,也是必不可少的工序,其作用是改善织物

外观和手感,增进服用性能和稳定尺寸。古代常用的方法归纳起来可分为风格性整理和功能性整理两类。其中风格性整理又分为两类,一类主要以改善织物表面风格为目的,如平挺整理;另一类既可改善织物表面风格,又可改善织物内在品质,如研光整理。功能性整理则是为满足某种需要,通过特殊的手段使织物具备诸如防水、滑爽、硬挺等功能,如涂层式整理。

1. 平挺整理

平挺整理的目的是使织物尺寸稳定,外观平整。古代多用熨斗熨烫织物使之伸展挺括。熨斗这个名称的来历,一说是取象征北斗之意,一说是熨斗的外形如同古代一种烹调用具“鬻斗”。鬻斗像一只没有脚的平底锅,熨衣前,把烧红的木炭放在鬻斗里,待底部热后使用,所以,又称其为“火斗”。它最初是作为炮烙人体皮肤的刑具出现的,时间可追溯至商代。它用于熨平织物开始于何时,现已很难说清,但至迟汉代之前已广泛应用是没有问题的。《古今图书集成·古器评》载:“汉鬻斗,此器颇与今之鬻斗无异,盖伸帛之器耳。”1966年,长沙杨家岭西汉墓中出土的鬻斗,是现在能看到的最古老的鬻斗。这个鬻斗口沿外折,浅腹,高4.2 cm,口径19.2 cm,底径11.4 cm,手柄向上翘起,长约13 cm,口沿及手柄上面刻有几何图案,鬻斗底部有墨写隶书“张端君鬻斗一”字样。1970年,南京象山西晋墓中发现一只带柄铜制鬻斗。1972年,江西瑞昌西晋墓中也发现了一只黄铜带柄鬻斗,内径较大,约15 cm,柄长20 cm。对很多高档织物来说,平挺整理是必不可少的一道工序,如唐代著名丝织品缭绡,就采用整匹熨烫整理,白居易《缭绡》诗谓之“金斗熨波”。宋徽宗临摹的唐代张萱《捣练图》画卷,内容是描写贵族妇女加工整理匹帛,人物姿态闲适优雅,服装华贵艳丽,向我们形象地展示了古代妇女熨烫织物的劳动场景。从这两幅画上看,熨帛需三人合作,其中二人使劲拉挺织物,另一人手持鬻斗熨烫织物。1960年发掘的河北井陉柿庄宋墓,一个墓室东侧壁画上也绘有一手工业作坊中的“捣练”画面。画中人物由担水者、熨帛者、洗衣者组成,其中居中的三个熨帛妇女的操作状态,与《捣练图》极相似。明清时,由于纺织生产的规模和产量的扩大,使用鬻斗已经不能满足需要,于是出现了专门用于织物整理的木制工具“轴床”。轴床实际上是卷布轴,操作时,工人口含水喷布,使其具有一定湿度,送布时手上加力张紧,缓缓卷成布轴,利用张力和压力将布整平,然后经一夜低温烘干,匹绸自然平直。这种方法用于整匹布帛时,可显著提高工效。

平挺整理除使用鬻斗外,还广泛使用重物压平的方法。从古罗马时期开始,欧洲使用一种螺旋压平机平整布料。庞培壁画中有这种形式的压平机画作

(图 1-72)。操作前,将喷过水并经仔细折叠的布料放在机器的顶板和基板之间。操作时,用手杆转动两个竖立的螺杆,机上顶板被推向下方的基板,竖立的螺杆左、右螺纹方便了施加均匀的拧紧压力。另有一幅公元 2 世纪的绘图显示,横木上的爪钉是同竖立螺杆上的螺纹相咬合,以避免使用螺母或螺帽。18 世纪时,压平机为增加压力,螺杆改进成杠杆,杠杆再用绳索和绞盘相连,由人力或畜力驱动绞盘(图 1-73)。

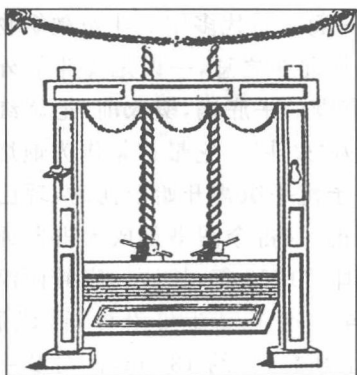


图 1-72 由两个螺杆操作的织品压平机,出自庞培漂洗工作坊的壁画。采自辛格《技术史》

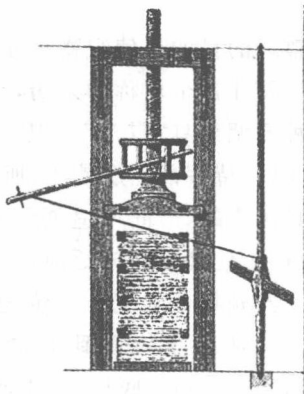


图 1-73 亚麻织物压平机,约 1760 年。采自辛格《技术史》

2. 研光整理

研光整理为我国古代主要的整理方式之一,是利用大石块反复碾压织物,使其获得密实、平整、光洁的外观。辽宁省朝阳魏营子西周早期燕国墓中发现 20 多层丝绸残片,经分析,丝线都呈扁平状,是经研光碾压所致。山东临淄东周殉人墓中出土的丝绸刺绣残片,其绢地织物表面平整光滑,几乎看不出明显的结构空隙,很有可能也是经过研光整理的。长沙战国楚墓出土的帽子里绸和剑鞘上的绸,都很薄,其切片在显微镜下观察,与一般截面不同,呈扁平状,有日本学者认为也是经过研光的。这些出土实物说明,在先秦时代用研光的方式整理丝绸和麻织物颇为普遍。汉代时,称研光为“砭”。《说文解字》云:“砭,以石扞缙。”段玉裁注曰:“砭以碾缙,今俗之研。”长沙马王堆汉墓出土的一块经研光处理过的麻布,表面平整,富有光泽,表明汉代用这种方式整理织物使其获得最佳外观效果的水平是相当高的。著名的缭绡,后整理也采用研光方法。元人杨廉夫《香奁诗》:“眉山暗淡向残灯,一半云鬟坠枕棱,四体着人娇欲泣,自家揉碎研缭绡。”元代以后,随着棉纺织业的发展,研光被广泛用于棉织物的整理,据明代《天工开物》介绍:碾压棉织

品的石质,宜采用江北性冷质腻者,这样的石头碾布时不易发热,碾的布缕紧密,不松懈。芜湖的大布店最注重用好碾石。广东南部是棉布聚集的地方,却要用很远的地方出产的碾石,一定是由于试过才这样做的。清代研光工艺名称演变为“踹”,踹布业盛极一时,除练染作坊设有踹布工具外,更有专业的踹布房或踏布房。据史载,清朝康熙五十九年(公元1702年),仅苏州一带从事踹布业的人数就不下万余;雍正八年(公元1730年),仅苏州阊门一带就有踹坊450余处,踹石1.09万余块,每坊容匠各数十人不等。清代《木棉谱》记载,当时踹布采取的工艺方式是将织物卷在木轴上,以磨光石板为承,上压光滑元宝形大石,重可千斤,一人双足踏于凹口两端,往来施力踏之,使布质紧薄而有光(图1-74)。踹过的布表面光洁,很适于风大沙多的西北地区作为衣料。

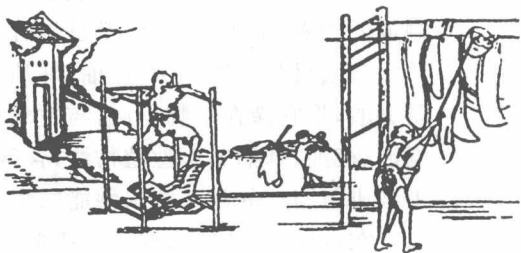
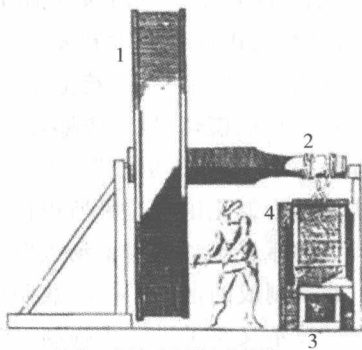


图 1-74 踹布图

17世纪时,研光机在欧洲出现。这种机器是一个大木箱,内装一重达几吨或更重的石块,可以在一个平台上两个非常光滑的辊子上面滚动(图1-75)。织物被仔细卷绕在这些辊子上,依靠绕在轴上的绳子,箱子可前后移动。轴的动力来自畜力卷扬机或脚踏轧机。为替代一个辊子,箱子的一头被缠起来,略微倾斜地搁在另一个辊子上。通过织物层之间的巨大压力,可使粗平精纺毛织物或丝织物获得水洗效果。当时巴黎有一台非同寻常的研光机,它有抛光的大理石底座,箱子的下面还覆盖着一层高度抛光的薄铜板。据说是法国政治家柯尔贝尔(1619—1683)建议制成的。



1 轮子, 由里面的两个人踩踏;
2 轴和绳子; 3 平台; 4 配重箱

图 1-75 一台研光机(侧视图), 引自18世纪早期的版画。采自辛格《技术史》

3. 涂层整理

涂层整理是防护性的整理方法之一,是在织物表面涂覆一层高分子化合物,使其具有独特的功能。根据《诗经》的记载以及陕西省长安县普度村西周墓出土的涂漆织物残片可知,早在春秋时期,中国已利用漆液在编织物上进行涂层。西汉以来,用漆液和荏油加工而成的漆布、漆纱和油缦帐等用品,均具有御雨蔽日的

功效。《后汉书·舆服志》里记载的一种官帽——漆绠冠,采用的是髹漆涂层技术,即在纱或罗织物表层涂以漆液,使织物具有硬挺、光亮、滑爽、耐水、耐腐蚀等特点。长沙马王堆三号汉墓出土的一顶外观完好乌黑的漆绠纱冠,使我们得以一睹其真容。朝廷官吏头戴漆官帽的做法一直沿袭到明代。《隋书》记载:“炀帝渡江遇雨,左右进油衣”,是历史较早的关于防雨服装的记载。宋元时期,宽幅的油绉已经生产。明清时期的涂层制品更为精致,彩色的油绸、油绢以及用这些织物制成的油衣、油伞等品种,都是当时上等的防雨用品。

涂层材料多以桐油、荏油、麻油及漆树分泌的生漆等为之。生漆的主要成分是漆酸,将它涂在织物上后,与空气中的氧化合,便干结固化成光滑明亮的薄膜。桐油、荏油、麻油属于性植物油,含碘值较高,涂在织物上,遇空气中的氧可被氧化干结成树脂状的具有防水性能的膜。

在古代,因油的来源比生漆多,故用油比用漆更广泛一些。南北朝时,对涂层所用各种油的性能和用途已积累了不少经验。《齐民要术》记载:“荏油性淳,涂帛胜麻油。”隋唐时期出现了在涂层用油中添加颜料,使涂层织物具有各种色彩的技术,如当时帝王后妃所乘车辆上的青油幢、绿油幢、赤油幢等各色避雨防尘的车帘,就是采用这一技术制成的。唐代《四时纂要》记载了一种用两种油配制油衣油的方法,“大麻油一斤,荏油半斤,不蛀皂角一挺(槌破,去皮、子),朴硝一两,盐花半两。在取盛热时,以瓷盛油,以绵裹皂角、朴硝、盐花等,同于瓶子中日煎,取三分耗去一分,即油堪使”。不蛀皂角就是没有被虫子咬过的皂角,朴硝是硝酸钠,盐花当为氯化钠。这里所说的日煎,即日晒,需在盛夏进行。“如不是盛夏用油,即以油瓶子于铛釜中重汤煮取,油耗一分,即堪使用。”重汤即是在釜中隔汤蒸煎。用此油制成的油衣“常软,兼明白,且薄而透亮”。元代以后,干性植物油的炼制和涂层技术又有了进一步提高,《多能鄙事》里记载,熬煎桐油除添加黄丹外,还要添加二氧化锰、四氧化三铅等一些金属氧化物作干燥剂。熬制时“勤搅莫火紧”,油熬到无油色时,以树枝蘸一点,冷却后再用手“抹开”,如果所涂油膜像漆一样光亮并且很快就干燥,则停止熬制。这种熬制和测试的基本方法,在一些生产传统油布伞、油布衣的厂家一直沿用至今。

六、古代丝织品



古代织物的种类,按其所用纤维,可分为丝、毛、棉、麻四大类;按其组织结构和特点,则又可分为许多种,如丝织品便有十多个大类,而在每一大类中又有许多品种。限于篇幅,下面仅就中国古代最具代表性的绢、罗、绡、缎、锦、绒和缂丝等类丝织品予以介绍。

(一) 绢类织物

丝绸中凡是采用平纹组织的织品,如纱、縠、绸、素、缣、纨、縠、练等都可归为绢类。这些平纹组织的织品最早通称为帛,帛字在金文中已经出现,早期文献中经常可以看到“玉帛”两字联用。一般认为帛就是古人对丝织物的通称。平纹类丝织物的另一通称是缙,汉代时开始缙帛并用,许慎《说文》中说:“缙,帛也。”又说:“帛,缙也。”两者互注,俱为通名。约在魏唐之际,绢开始成为平素类丝织物的通称。它们之所以有不同的称谓,皆是因为经纬丝粗细、密度、捻度的差异,或者是否经过练染。下面对这些不同绢类品种的特点作些简单介绍。

纱:古时亦写作沙,它的丝线非常纤细,经纬密度很小,相当轻薄,《礼记》所云“周王后、夫人服以白纱縠为里,谓之素沙”,就是取其幅面稀疏能露沙之意。由于纱薄而疏,透气性好,古时应用较广,是各个时期夏服的流行用料。汉代有素纱、方孔纱等纱品种名称。马王堆一号汉墓曾出土过一件体长128 cm,通袖长190 cm,重49 g,用极细长丝织成的平纹素纱禅衣(图1-76)。此件薄若蝉翼的纱衣,可叠成普通邮票大小,其织作之精细,令人惊叹。宋代亳州所出轻容纱,享誉于世,经久不衰。陆游在《老学庵笔记》中说:轻容纱“举之



图 1-76 马王堆一号汉墓出土的素纱禅衣

若无,裁以为衣,真若烟雾。一州惟两家能织,相与世世为婚姻,惧他人家得其法也。云:自唐以来名家,今三百余年矣”。

縠:表面有皱纹的纱,相当于现代的绉类织物。这种丝织品表面之所以能生成皱纹,与所用纱线的捻度密不可分。它先由加强捻的生丝织成,再经漂练处理,使加强捻的丝线在其内应力作用下退捻、收缩、弯曲,在织物表面形成皱褶状。《释名·释采帛》云:“縠,粟也。其形足足而蹶,视之如粟也。又谓沙縠,亦取蹶蹶如沙也。”《汉书·江充传》云:“轻者为纱,绉者为縠。”战国时期诗人宋玉曾在《神女赋》中以山间袅袅云雾比喻神女身穿的縠衣,云:“动雾縠以徐步。”可见縠的轻、薄、绉能使穿着的女子增加一种神秘朦胧的美。唐代诗人元稹《阴山道》诗句“越縠缭绡织一端,十匹素缣工未到”,也认为縠之华贵堪与缭绡媲美。

绸:一般也是泛指丝织品,但其本意为“紬”。《说文》称:“紬,大丝缯也。”“抽引茧绪绉而织之曰紬。”专指以粗丝织成的质地紧密、手感柔软的大幅平纹丝织物。古代著名品种有南京产的宁绸、杭州产的杭绸、湖州产的湖绸、潞州产的潞绸、福建产的欧绸等。

纨:表面细腻而有光泽的丝织物。《说文》对纨的类别描述是:“纨,素也。从系、丸声,谓白致缯,今之细绢也。”《释名》对纨的风格描述是:“纨,焕也,细泽有光,焕然也。”纨的组织结构紧密,表面光滑如冰,所以纨常常也被称作冰纨。湖北擂鼓墩战国墓出土的纨,经丝密度为每厘米100根,为纱的5倍。在古籍里,纨还常常与素同时出现,说明它们均系经过熟练的丝织物。纨的美丽华贵曾衍生出一些形容美的词组,如形容女子美貌的“纨质”,形容富家子弟衣着华美的“纨袴”。

绡:组织结构为平纹交织,与纱相类似的轻薄型织物。其特点是未经脱胶的生丝织品,故质坚脆,轻盈而又挺括。《周礼》郑注:“绡又为生丝则质坚脆矣,此绡之本质也。”至薄的又称“轻绡”。

素:《说文》云:“素,白致缯也。”《玉篇》云:“素,生帛也。”可知素为生织物。因其洁白精致,富有光泽,且质地轻薄,常常用作装裱书画的材料。

缟:颜师古注《汉书》云:“缟,皓素也。”缟作素解,则为生丝织物。《礼记·王制》亦云:“白色生帛曰缟。”俗谓“强弩之末,力不能入鲁缟”,因而一般认为缟为轻薄之物。古代齐纨、鲁缟齐名。

缣:一种致密的素织物。经练染,染为五色。它的丝线细致,并且并丝而织,因而缣织物的表面匀细且致密,乃至水都不能渗漏。特点是并丝而织,织物组织为平纹交织,实际上是一种重平组织。

绋:厚实,且富有光泽的素织物。染有青、白、黄、绿、紫、赤等各种颜色。经纬

丝线较粗,密度较大,织物组织为平纹交织。是一种较贵重的丝织物,区别于现代纺织学较低档的交织绉。

纁:古代指粗绸。抽引粗茧绪纺织而成,或由茧的下脚料织成。有纁裘(粗绸皮衣)、纁巾(粗质丝巾)、纁布(粗厚似布的丝织品)、纁绉(粗质丝织品)、纁縠(粗质彩帛)等名目。明清时期,纁不再专指粗绸,而是泛指普通的平纹丝织物。

绉:用棉线或绢纺丝织成的平纹类织物。绉原有抽引成丝线的意思,故刘熙《释名》中曰:“绉,抽也,抽引丝端出细绪也。”颜师古注《急就篇》曰:“抽引粗茧绪纺织而织之曰绉。”今日犹称其为绵绉。绉还能细分,较精细的为縠,较粗的为紵,最粗者为絺,颜师古注《急就篇》云:“绉之尤粗者曰絺,茧滓所抽也。”

练:是对于丝织物练熟后却未经染色的熟绢的别称。《说文》:“练,缁也。”《释名》云:“练,烂也,煮使委烂也。”可见练主要突出了丝绸在精练后柔软、光滑的效果。

(二) 纱罗类织物

纱罗类丝织物是指采用纱罗组织织制,这种组织系由地、绞两个系统经纱与一个系统纬纱构成经纱相互扭绞的织物组织。一般将绞经每改变一次左右位置时织入一根纬纱(或共口的数根纬纱)的称为纱;将绞经每改变一次左右位置时织入三根或三根以上奇数纬纱的平纹组织称为罗。纱罗织物上经纱相互扭绞形成的眼孔称绞纱孔。纱组织的绞纱孔在织物表面分布均匀,不显条状;罗组织的绞纱孔在织物表面沿经向或纬向呈条状排列。纱与罗表面的绞纱孔形状也略有差异,一般来说,方孔曰纱,椒孔曰罗。由于纱罗类丝织品质地轻薄,通风透气性好,特别适宜做内衣和夏服,自春秋战国起就已成为丝织物一大种类。

纱可分为素织和花织两类。以一根绞经一根地经相间排列,每梭起绞素织的,既可称为方孔纱,又可称为单丝罗,王建《织锦曲》中所云“宫中犹着单丝罗”,当即指此。以绞组织和平纹、斜纹、缎纹等组织互为花地的称为花织。古代主要品种类型有亮地纱、实地纱、浮花纱、香云纱等,其中亮地纱亦被称为二经绞罗,织物地部为二经绞组织,花部为平纹组织,具有地亮花暗的效果。因此,也有人指此为宋代文献上的“暗花纱”。宋代以后,花织纱的种类有亮地纱、实地纱、春纱、祥云纱、芝麻纱、浮花纱等,均是仿绞纱组织和平纹组织互为花地而成。

罗虽也分素织和花织两类,但就古代罗织物的基础组织而言,实为通体扭绞

和不通体扭绞两大类。前者又称链式罗,最早出现在商代,汉唐时期生产达到鼎盛,多用四根经线为一组织造,没有筘路,长沙马王堆一号汉墓出土的大量花素纱罗织品中,便有这种通体扭绞的四经绞花罗。后者多半用两根经线为一组织造,显现筘路。二经、三经通体相绞的罗,也是在周代即已出现,但是后来发展比较缓慢,在很长的时间里,都只限于素织。似乎到了隋唐才逐渐改进,增加了提花。花罗织品在唐宋年间非常风行,元稹《赠刘采春》诗“新妆巧样画双蛾,漫裹常州透额罗”中所云的透额罗就是遮盖妇女发际前额的罗织物。北宋在江宁府和润州设置的“织罗务”,年产罗约1万匹,至少需织机三百架。而北宋年收入罗数则更高,在16万匹之上。此外,会稽的万寿藤、火齐球,婺州的婺罗、暗花罗、含春罗、红边贡罗、东阳花罗和平罗,越州的越罗,成都的大花罗,蜀州的春罗、单丝罗,都莹洁精致,在全国享有盛名。唐宋花罗精品多有出土,唐代的有新疆吐鲁番阿斯塔那墓出土的唐代白地绿花罗。宋代的有江苏金坛墓内的缠枝牡丹罗(间织石竹山茶)和福州墓内的牡丹芍药山茶蔷薇罗。缠枝牡丹罗和牡丹芍药山茶蔷薇罗,都是在—绞二经的地上起花的大花纹织物。这种花样,可能即当时所说的“新翻罗”之类。金坛和福州出土的四经相绞的罗,在当时,可能也叫结罗。这种罗不能用带筘的织机,也不能用带花楼的花机织造,可能是采用薛景石《梓人遗制》所载的罗机织造的。由于这一类的罗织造时不用筘,工艺较复杂,产量也较低,故元以后逐渐消失。不通体扭绞的罗却因织造方法比较简便,生产效率较高,售价便宜,在明清时期大为流行。

(三) 绫类织物

绫是斜纹地起斜纹花的丝织物。因绫织品表面多呈山形斜纹或正反斜纹,所以《释名》有“绫,凌也,其纹望之如冰凌之理也”的说法。冰、凌的纹理与山形斜纹相似,富有光泽,以它来形容绫的风格特点极为贴切,故汉代以前也把绫叫做“冰”。这类织物最早出现在战国时期的齐国,到汉代时,绫织物已是当时价格最昂贵的丝织品之一。成书于西晋的《西京杂记》中载有散花绫一种,谓:“出钜鹿陈宝光家,宝光妻作其法,……机用一百二十镊,匹直万钱。”《西京杂记》是古代笔记小说集,写的是西汉的杂史,既有历史,也有西汉的许多遗闻轶事,其中“西京”指的是西汉的首都长安。至三国时,又有魏人马钧改革绫机,提高了生产效率。魏晋南北朝时的绫名也逐渐增多,唐绫名目更是不可胜数。以产地命名者有吴绫、

范阳绫、京口绫等；以生产者姓氏命名者有司马绫、杨绫、宋绫等；以纹样图案命名者有方纹绫、仙纹绫、云花绫、龟甲绫、鸂鶒绫、镜花绫、重莲绫、柿蒂绫、孔雀绫、犀牛绫、橐蒲绫、鱼口绫、马眼绫、独窠、两窠绫等；以工艺特点命名者有缭绫、双丝绫、双纠绫、交梭绫、熟线绫、织成绫、楼机绫、白编绫、异文绫等；以表观色泽命名者有二色绫、耀光绫及各种色彩的绫。丝绸之路沿途有很多唐绫出土，日本的正仓院和东京国立博物馆收藏的珍品中也有唐绫。宋以后，绫除了用于服装外，开始大量用于书画、经卷的装裱。

如果依精美、贵重程度给各类丝织品排位，绫仅次于锦排在第二位。绫虽然系斜纹织物，但它又不同于一般的斜纹织物，它的光泽和手感在唐以前的织品中是最为上乘和独树一帜的。作为织物来说，其在织品中的地位，是基之于其自身织作风格和特点的。绫对于供其织制的蚕丝的利用，相当成功。无论其为素织或为花织，均能充分地体现蚕丝这些优良的特性，使织品具有不同于其他织品的良好织作效果。如其素织物，精整滑柔、光影炫烨，极易使人产生清新明净之感；如其提花织物，纹样花地分明，跃然欲出，具有良好的清晰度和立体效果。历代常有人从其整体织造效果衡量评价绫。《艺文类聚》卷八五引梁元帝即位前《谢东宫赉辟邪子锦白褊等启》里就有这样的内容，谓：“江波可濯，岂藉成都之水，登高为艳，取映凤皇之文。至如鲜洁齐纨，声高赵縠。色方蓝浦，光譬灵山。试以照花，含银烛之状，将持比月，乱含璧之晖。”所谓的白褊，当为白编绫。这一段话前四句是以蜀锦和石赵之锦比拟辟邪锦和白编的花纹（古代谓提花绫亦为锦），其后则是形容白编的风格，即以齐纨、蓝浦形容其外观，意谓它的色彩堪与玉比伦，异常白净而又柔和雅致，可以羞花，以灵山形容其光泽，意谓其光泽与佛山的灵光相似，可与朗月争辉，非一般的绢帛所能媲美。对绫的特异和可贵写得尤为客观的是白居易《缭绫》诗：“缭绫缭绫何所似，不似罗绡与纨绮。应似天台山上月明前，四十五尺瀑布泉。中有文章又奇绝，地铺白烟花簇雪。织者何人衣者谁，越溪寒女汉宫姬。去年中使宣口敕，天上取样人间织。织为云外秋雁行，染作江南春水色。广裁衫袖长制裙，金斗熨波刀剪纹。异彩奇文相隐映，转侧看花花不定。昭阳舞人恩正深，春衣一对直千金。汗沾粉污不再着，曳土踏泥无惜心。缭绫织成费功绩，莫比寻常缁与帛。丝细縠多女手疼，扎扎千声不盈尺，昭阳殿里歌舞人，若见织时应也惜。”这种绫最早是唐代东都（洛阳）织锦艺人创制并生产的，安史之乱后转至越地生产。它是唐代花绫之一种，又名缭锦，是以其工艺特点命名的，乃唐代官办手工业生产的最贵重的丝织品之一。《说文解字》云：“缭，缠也。”缭之本意有缠、绕之意，俗语把用针线缝缀谓之缭缝或缭贴边。“缭”很多时候往往和“撩”通用，最典

型的例子是“眼花缭乱”也写作“眼花撩乱”。而撩之本意则有挑起、撩拨之意，故其花纹的织造采用的是“挑花”工艺。所谓“挑花”，是以挑梭的方法形成花纹，多用以织制较复杂的大花纹图案。

谈及白居易《缭绫》诗，顺带再说说以往对诗文“丝细縠多女手疼”之句的误解。对这句诗文，向来作“丝太细，抽丝太多使女工手疼”的解读。细读《缭绫》全文，如此解释似乎与白氏所述不符。分析其偏离原因，大概与对诗文中“织”字的理解有关。在《缭绫》全文中，出现“织”字的诗文有五句，即“织者何人衣者谁”“天上取样人间织”“织为云外秋雁行”“缭绫织成费功绩”“若见织时应也惜”。就整个丝织工艺而言，“织”既可解释成络、整经、织造等一整套丝织工艺，也可解释成特指织造工艺。如果仅从“缭绫织成费功绩”这句诗文中的“织成”来理解，此“织”字当然可作“整套丝织工艺”解，进而将“丝细縠多女手疼”这句诗文中的“縠”字当縠丝讲，即该句作“丝太细，抽丝太多使女工手疼”解，不无不当。但从《缭绫》诗中另外四个有“织”字出现的诗句来看，皆是讲缭绫织造如何艰难，“织”字均是特指织造工艺，难道“缭绫织成费功绩”中“织”字是个例外？仔细连文品读“缭绫织成费功绩，莫比寻常缁与帛。丝细縠多女手疼，扎扎千声不盈尺，昭阳殿里歌舞人，若见织时应也惜”，特别是“若见织时应也惜”之句，答案释然。此“织”字，与“缭绫织成费功绩”中之“织”字属相互呼应关系，都是特指织造工艺，所以诗文“丝细縠多女手疼”中之“縠”字，应与丝织的第一道工序縠丝了无瓜葛，应作它意理解。有意思的是，在白居易《长庆集》中，“织”字共出现 26 次，其字意，不是特指织造，就是指“织”这个动作，无一是指整个丝织工艺。有兴趣者不妨查验。这个“縠”字，在诗中应是指缭绫的纹样。因为“縠”通“藻”，《仪礼注疏》云：“古文縠或作藻，今文作縠。”又云：“凡言縠者，皆象水草之文。”联系诗文“织为云外秋雁行”，以及其他文献所记缭绫纹样中出现的立鹅、天马、掬豹等图案，缭绫纹样的基本特征大概是以水藻纹为主体，辅以祥云、飞禽或瑞兽纹构成。

(四) 缎类织物

缎类织物是指地纹全部或大部采用缎纹组织的丝织物。缎纹组织在织物组织学上与平纹、斜纹并称三原组织。古代世界的许多民族都曾织制过平纹和斜纹的织物，但均无织缎织物，唯独中国例外。国际上研究纺织史的学者们公认制作缎织物的方法是中国古代对织物组织学的一项贡献。

关于它出现的时间,现有两个观点。有人认为是唐代,有人认为是北宋。前者的依据是新疆盐湖唐墓曾出土三块烟色牡丹花纹绫,经分析,其织物组织是以二上一下斜纹作地,六枚变则缎纹起花。后者的依据有两点:其一,现代纺织工艺制作缎织物的主要方法,是考虑它的飞数,即根据一个循环内的完全纱线数 R ($R \geq 5, 6$ 除外),飞数 S (为 $1 < S < R - 1$),以及完全纱线数 R 和飞数 S 之间不得有公约数的原则确定。中国古代虽然没有这样的计算方法,但确已产生近于飞数概念的一些确定缎织物组织点的经验数据。如在织制五枚缎和八枚缎时,均采用符合现代编结五枚二飞、五枚三飞和八枚三飞、八枚五飞四种缎组织要求的四种口诀:1、3、5、2、4 和 1、4、2、5、3 以及 1、4、7、2、5、8、3、6 和 1、6、3、8、5、2、7、4。口诀的第一数均指第一根经线与第一根纬线的交织点,第二数均指第二根经线与第三根或第四根纬线的交织点,第三数均指第三根经线与第五根或第二根纬线的交织点,以下俱依此类推。根据现有文献考证,至迟在北宋时,这几种口诀即已正式出现。《云仙杂记》里的一段记载印证了这点。其书引《摭拾精华》曰:“邛中老姆村人织绫,必三交五结,号八梭绫。匹值米陆筐。”《云仙杂记》是南宋初期的书,《摭拾精华》大概是唐末或北宋的著作,八梭绫当为唐末或北宋时名贵的绫。这种绫在织作上的要求相当严格,织制这种绫“必三交五结”的方式,现在仍不难复原。中国传统的丝织业在叙述织品的织作方法时,往往只提示其经线的交结情况,如谓建绒的织作方法为三梭一刀,即是指建绒的绒经交结和开毛方式。这段话所说这种绫的织法,“必三交五结”而“号八梭”,语句和那种形容建绒织作方法的语句基本相同,可知这种绫的纵向循环为 8,而同一循环内的每根经线均有 3 个或 5 个交织点,与标准的缎纹组织相符。其二,历史上缎的名称是比较多的,如纛丝,又作苙丝、注丝。宋代《梦粱录》载:“苙丝,染丝而织,诸颜色者有织金、闪褐、间道之类。”另据《吴县志·物产》载:“苙丝俗名段,因造缎字。”明代定陵也曾出土带有墨书腰封“上用大红织金细龙苙丝”的缎织物,可证缎与苙丝可以互称。明《天水冰山录》所载严嵩抄家所获缎类织物也均称苙丝。又称纯子和屯绢。但这都不是它最早的名称。它最初也叫绫,而且一直沿用到近现代。20 世纪四五十年代,四川、江苏、浙江的丝织手工业以及许多地方的艺术工作者们犹多把缎地提花的织品称为花绫,把在素缎上创作的艺术品称为绫本书画。另《天工开物》有段织物地部各种组织的描述,谓:“凡单经曰罗地,双经曰绢地,五经曰绫地。凡花分实地与绫地。绫者光,实地者暗。”其中,所谓“罗地”,是以简单纱罗组织组成,每个循环绞经、地经各一,故曰单经;“绢地”是以平纹组织组成,每个循环两根经线,故曰双经;“绫地”是以五枚缎纹组织组成(非斜纹,最基本的斜纹只三经即可,无需五

经),因缎本名绫,故曰绫地。笔者认同第二个观点,毕竟标准的缎纹组织出现在北宋。

宋、元、明、清时期,缎的名目繁多,其中有以产地命名的,如京缎、广缎、川缎等;有以纹样命名的,如云缎、蟒缎、龙缎等;有以所用缎组织之形式命名的,如五丝、六丝、七丝、八丝等。所谓五丝是指五枚缎,八丝是八枚缎,依此类推。还有以织物表面特征命名的,如暗花缎、妆花缎、素缎等。历史上,元代福建泉州生产的缎,质量颇佳,当时来我国访问的伊本巴都在他的《伊本巴都游记》中有这样的记述:“刺桐地极扼要,出产绿缎,其产品较汗沙(杭州)及汗八里(北京)二城所产者为优。公元1342年(元代至正二年),中国皇帝派遣使臣到印度,赠其国王绸缎五百匹,其中有百匹来自刺桐城。”文中提到的刺桐,便是我国福建省泉州的别称。因五代重筑泉州城时,在城周围环植刺桐树,故而得名。拉丁语系中的缎,都是由“刺桐”(泉州古名)的译音衍化而成的。《马可·波罗游记》载:“泉州缎在中世纪著名,波斯人名之曰 Zaituni,迦思梯勒名之曰 Scruni,意大利人名之曰 Zetoni,法兰西语 Satin,拟出于此。”清代缎的种类,卫杰在《蚕桑萃编》里有详细记载:“各色贡缎,宽窄不等,有三尺二寸者,有二尺八寸者,有二尺四寸者。寻常销售,天青色所下较多。此外有罗纹缎、金丝缎、大云缎、阴阳缎、鸳鸯缎、闪缎、锦缎诸名,全在花名辨别。金丝缎,金系两层,分面金底金,花本系五彩配合,所用梭线,均分五色,金线亦分数色,大约御用诸料以及蟒裙并朝服滚边多用之。大云缎,宽二尺四寸,长五丈零,每云一朵,约大一尺,云分五色,此料系贡物,民间鲜用。阴阳缎,两面俱正,表里相同,范子用三十二扇。鸳鸯缎,一面系线绉,一面系锦缎,表里二色,范子用十二扇。贡缎提花,即系摹本。如将所提之花分为二色三色,即为闪缎、锦缎。”此外还有巴缎:“巴缎唯川省多织,他省织者甚少。缎面宽二尺二寸,箱眼一千孔,每孔穿纺丝三根,计三千头。织用熟经生纬,下面脚杆六根,来回踏,系六批缁、八正醮,每袍料一件,长二丈二尺,约重十七八两。仅有小方花或胡椒眼者,仍为素缎。另有团花大花者,方为花缎。”

缎纹组织的特点是单独组织点常被相邻经纱或纬纱的浮长线所遮盖,所以织物表面平滑匀整,富有光泽,花纹具有较强的立体感,最适宜织造复杂颜色的纹样。缎纹组织的这些特点与多彩的织锦技术相结合,成为丝织品中最华丽的“锦缎”。宋朝张元晏对一件缎制服装有过生动描述:“雀鸟纹价重,龟甲画样新,纤华不让于齐纨,轻楚能均于鲁缟,掩新蒲之秀色,夺寒兔之秋毫。”这很能反映缎织物的特点和它的可贵之处。

(五) 绒类织物

绒类织物亦称作剪绒,系织物表面有绒毛状的织物。这类织物至迟在汉代就已出现,马王堆汉墓出土纺织品中的绒圈锦,就是经起绒织物。汉以后,虽历代均有生产,但迄今考古发现的起绒织物不多,比较重要的有1972年湖南长沙马王堆和甘肃武威磨咀子出土的汉代花绒。1964年在明万历的定陵发现了两件纯素无纹、两面起绒的大袍(现藏定陵博物馆),从它的制式看,当为《明史·食货志》所说的绒袍,是明代陕西官办手工业的产品。20世纪20年代,在蒙古诺因乌拉相当于东汉时期的匈奴贵族墓中发现的一件马鞍的鞍衣,据日本学者分析,这件鞍衣的织法,和后世的绒缎相似。

明清时期,福建地区生产的起绒织物最为有名,而且还大量出口。当时较有名气的起绒织物有以下几种:①素剪绒,即没有花纹的单色绒织物。②倭缎,在缎纹地上起绒或在绒上起经纹花的织物。③漳缎,也是缎纹地上起绒或在绒上起经纹花的织物。它与倭缎是有差异的。道光十二年《厦门志》卷七,清厦门关税科则中缎织物税则,其内同时收录漳缎和倭缎两项,即是暗示两者有所不同,不过究竟有何差异,现在还不大清楚。④天鹅绒,即绒毛比较长且密的绒织物,后来漳州生产的漳绒即属此类。《福建通志》说:漳州有天鹅绒,即谓漳绒为天鹅绒之一种。陈作霖《金陵物产风土志》卷十五曾描述清代南京织造的这类绒织物特点:“其绒纹深理者曰天鹅绒。”“绒纹深理”就是说其绒毛长。在道光《厦门志》关税科则中绒类税,同时收有平绒(天鹅绒)和漳绒两项,两者分列,大概就是根据其上绒毛长短而定的。⑤雕花绒,即先织成坯布,在坯布上画花,再用刀具根据花纹要求开绒的绒织物。⑥金彩绒,即在加织金银线的地上起绒花的绒织物,也是《元史·舆服志》所说的“天子质孙冬服怯绵里”之类的绒。过去有些学者认为金彩绒是明末或清代兴起的,其实不然,金彩绒至迟在元代即已出现,至明代又有较大的发展。⑦交织绒,即丝棉交织的绒织物。

中国古代织制的起绒织物都是经起绒织物,起绒的方法和工艺均以使用起绒杆为主,这是自汉代即已确定的。织作时的过程基本上分为两步:一是织绒坯,将经线分为地经和绒经两种,分张于织机之上,地经织地,绒经专门起绒,先织数梭地经,然后起动绒经,于其下插入起绒杆,再拉箱打紧,即可构成特定的绒圈,依是反复,便可织出满布绒圈的坯布。《天工开物》所说的“斫线夹藏经面”,指的就是

这一步骤。二是开绒,在织成十几厘米的坯布之后,用割绒手刀在织机上把蒙于起绒杆上的绒圈割断(雕花绒除外,须下机开割),使绒毛挺立。《天工开物》所说“织过数尺,即刮成黑光”,指的就是这一步骤。

这一起绒方法的特点是:可以根据不同需要随时改变绒毛高度,便于与提花技术结合织制绒花织地或绒地织花的品种。明定陵出土的绣龙补双面绒方领女夹衣和《天工开物》记载的倭缎都是采用这种方法织制的。

明定陵出土的女夹衣是在万历四十八年入葬的(公元 1620 年),正反面均有高 6.5~7.0 mm 的绒毛,大概是当时生产的天鹅绒的一种。与一般的绒织物不同,它由于两面均有长绒,而背面又有绢衬,不仅具有绒毛丛立的外观、厚度较大和手感柔软的效果,而且具有与棉衣(絮棉)相似的良好保暖特性,非常精巧,也非常实用。其织地为平纹组织,经密为每厘米 68 根,纬密为每厘米 27 根,经线较细,纬线较粗。绒经与地经按 2:2 排列,纬根为三纬固结。织作时其正反两种绒经和地经可能分于三根经轴,地经张力较大,正面绒经次之,反面绒经又次之,全部使用起绒杆起绒(大概是用较粗的金属杆)。正反两面的插法和起绒方法稍有不同,正面的需起动正面绒经插于其下,形成绒坯,背面的需同时起动地经和正面绒经,插于其下,借助地经的努力和金属杆自重,迫使背面绒经下沉,形成背面绒坯。割绒时,正面的可能在机上割,背面的则需下机后进行(图 1-77)。

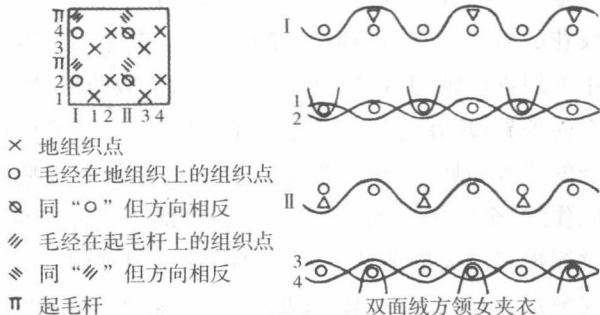


图 1-77 双面绒组织图

倭缎是在缎纹地上起绒或在绒上起经纹花的织物。中国古代往往把日本叫“倭”,倭缎以“倭”为名,似乎来自日本是顺理成章的,《天工开物》在解释倭缎时也是这样说的:“凡倭缎制起东夷,漳、泉海滨效法为之。”殊不知,这个“倭”字绝不可以按一般的习惯理解。根据下面几个原因,可以推断这个字实际上是个讹字。其一,“倭”,并不一定是指特定的地理概念。我国在明清两代的时候,常有用倭字作为名称的物品,其来源并不一定都和日本有关。最典型的例子,在《天工开物》中记载的“倭铅”就与日本无关(在中国古代,人们将锌称为“倭铅”,很早即出现了提炼这一金属元素的技术,不可能来自日本)。再一例就是生菜,明清的漳、泉地区都把生菜叫倭菜,并且根据其在食用中是否味苦,而谓之香倭和苦倭。生菜是中

国土产,早在汉以前业已见于记载,如果认为倭菜的倭字肯定是指倭国,而谓中国的生菜均传自日本,自然不对。其二,可能是毛段或毛缎音讹而成。明以前的人,对于起绒织物的看法以及对于绒这个字的用法,都和现在不大一样。传统的起绒织物,历来都是用丝织制的,本是丝织物,但明以前的人因其所起之绒与毛纤维相似,都将其与毛织物视为同类。而且“绒”字在明以前有两种含义:一是指毛绒和丝绒,包括毛纤维和丝纤维;一是指毛布,一般的是指毛织物,但因当时把起绒织物看作和毛织物相似的东西,所以也将起绒织物归入其范围之内,而统名之曰毛布、毳布或绒布。所谓倭缎,应该同明以前有关绒的这些称谓分不开,大概即毛布的同义词毛段或毛缎的音变。宋代以后,漳、泉方言有文言和白言两种,在其文言中,毛读为 mo,与现在普通话的“模”相似,属于重唇音,如果读为轻唇音,则变成“倭”音了。其三,文献记载中日本对明运销的商品种类中未见绒类织品。日本在这段时间向中国运销织物商品的内容,在中日两国的古籍中都有所反映。在这些记载中,各次运送的物品除数量有所出入外,品种都比较接近,归纳起来基本上只是限于武器、金属工艺品、漆器和矿物原料,虽有少量纺织品名目,却没有起绒的东西。中日两国文献中记载的日本输往中国的物品,肯定都是当时日本著名的产品。如果当时日本曾向明运销过起绒织物,那么起绒织物必定亦是日本的珍贵物产无疑,那么在中日文献里绝不会毫无反映。其四,明代不但没有从日本输入过这类织物及相关织作技术,反倒向国外输出过,并且对日本的起绒技术产生过影响。起绒织物属于贵重织品,其贵重程度仅次于锦和缎,是历代对外输出丝织品中的重要部分。中国开始向外输出这类织物的时间大体可以追溯到宋代。据 12 世纪西锡利岛爱德利奚的《地理书》和著于约 11—14 世纪之间的阿拉伯故事《神灯》说,中国的这类产品早在 11—14 世纪就远销至印度亚丁幼发拉底河河口诸处和阿拉伯世界。《神灯》系《一千零一夜》(即《天方夜谭》)中的一个故事。与起绒织物有关的内容是:灯神为辽辽温丁建的新宫殿储藏室中摆满了大小箱柜,“其中织锦、天鹅绒一类的衣料是来源于中国、印度的产品”(译本原句)。到明代时,起绒类织物输出到日本。明末的郑芝龙,即郑成功的父亲,曾经居日多年,娶日本武士家庭出身的田川氏为妻,以在中日和南洋之间的海上武装走私为生,一度垄断明朝东南沿海一带的海上贸易。据记载,明朝崇祯十年(公元 1641 年)七月,他曾自中国安海派遣六艘商船绕经我国台湾航抵日本长崎,载运“缎子二千七百匹,天鹅绒五百匹”。同时期的日本文献也记载,当时中国广东和福建两省均盛产起绒织品,均经常向日本和其他国家输出。其五,从日本织制起绒织物的时间看也是不可能的,而且日本不但没有向中国输出织制起绒织物的技术,相反却是从中国

得到这个技术的。据日本文献记载,日本织制这类织物的时间,大概是在日本正保和庆安的时候开始的(相当于清顺治元年至八年,公元1644—1651年)。其起因是在输入日本的起绒织品匹料上发现未抽离的起绒杆,日本织匠受启发,进而研发出来的。虽然在日本文献中没有交代未抽离起绒杆的起绒织品来自哪国,但因这件起绒织品系丝织品,无疑是中国产品。因为当时除中国外,荷兰人也织制这类织物,但与中国的不同,均采用毛纤维,绝对不用丝纤维。可见宋应星在《天工开物》中对倭缎来源的解释是相当片面的。其错误的原因,可能只有一个,即出于一时疏忽。宋应星是江西奉新县人,其生前除了在江西,也到过福建和安徽,担任过江西分宜县教谕、福建汀州推官、安徽亳州等地方官,《天工开物》刊行于崇祯十年,是他担任江西分宜县教谕时著成,其时他尚未赴汀,并不十分了解漳、泉情况。明代后期的漳、泉地区,在持续对外贸易过程中同日本的接触相当频繁,往来于日本的商船以及集散于其地的日本贸易物品都比较多,当地人的手中也经常使用日本的扇子和其他一些日用品,很容易使人产生这样一种错觉,即认为凡是当地出售的物品,都同日本有所联系,宋氏大概也具有这种观念。因为毛段的毛字,作为起绒织物与倭缎的倭字读音相近,遂把这个词迳书为倭缎,并且主观地推定漳、泉的起绒技术来自日本。虽仅毫厘之差,而竟至千里之谬。

(六) 锦类织物

锦是采用联合组织或复杂组织织制的重经或重纬的多彩提花丝织物。古人有“锦,金也。作之用功重,其价如金,故惟尊者得服之”的说法,意思是织锦工艺复杂,费工费时,其价值相当于黄金,只有地位尊贵的人才能穿。另外,“锦”字由“金”和“帛”组合而成,也说明它是最贵重的纺织品。锦的出现对纺织机械、织物组织甚至整体纺织技术的发展,影响极为深远。

采用重经组织,以经线起花的叫经锦。采用重纬组织,以纬线起花的叫纬锦。战国和汉以前的锦均为经锦。这种锦是以两组或两组以上的经线和同一组纬线交织,经线多为二色或三色,一色一根作为一副(如颜色较多,也可使用牵色条的方法),纬线有交织纬和夹纬,夹纬把表经和里经分隔开,用织物正面经浮线显花。1959年新疆民丰尼雅遗址发现的东汉“万事如意锦”就是一种典型的经锦。南北朝以来,纬锦开始大量生产,逐渐取代了经锦。纬锦是用两组纬线或两组以上的纬线和同一组经线交织而成。经线有交织经和夹经,用织物的正面纬浮线显花。

1967年新疆阿斯塔那发现的在大红色地上起各种禽鸟花卉和行云图案的唐代锦袜,就属于这类纬锦。织造时,经锦只用一把梭子,纬锦用梭较多,但它不改变经线和提综程序,只改变纬线的颜色,就能织出花型相同、颜色各异的图案,因此,可以说纬线显花是提花技术的一大进步。在丝绸之路中国境内沿途,曾出土大量纬锦。据研究,这些纬锦中有些是西方产品。专家判断的主要依据有原料粗细、纱线捻向、织物结构和图案纹样。如产自西方的纬锦,经线通常加Z捻,产自中国的则为S捻;西方纬锦的图案虽然纬向有循环,但经向却无严格的循环,也就是说,在经线方向上是由挑花织成的,而中国纬锦,其图案上下左右均有严格的循环,也就是说是用提花机织成的。再如日本京都法隆寺藏存的联珠四骑狩狮锦,主体纹样为联珠圈、对人、对兽,虽然纹样图案中的四骑士与波斯银器上刻的头戴王冠的萨珊王夏希尔二世骑马射狮之形象十分相似,但该织品织造之精细,远胜当时波斯之织锦,而且马腿上织有“吉”“山”二字,冠顶织有“日”“月”纹,证明是中国产品。

古代锦的品种繁多,不胜枚举,其中蜀锦、宋锦和云锦是最著名的三大名锦,集中国丝织技艺之大成,代表了中国织锦技艺最杰出的成就。

(1) 云锦

云锦是南京生产的特色织锦,它始于元代,成熟于明代,发展于清代。云锦最初只在南京官办织造局中生产,其产品也仅用于宫廷的服饰或赏赐,并没有“云锦”这个名称。晚清后始有商品生产以来,行业中才根据其用料考究、花纹绚丽多彩、尤似天空云雾等特点,称其为“云锦”或“南京云锦”。

云锦有别于一般织锦,它以纬线起花,大量采用金线勾边或金银线装饰花纹,以白色相间或色晕过渡,以纬管小梭挖花装彩。云锦结构严谨、风格庄重、色彩丰富多变,而且纹样变化概括性很强。纹样多用表示尊贵或祥瑞的禽兽(如龙凤、仙鹤、狮子等)、花卉(如宝相花、莲花、佛手、石榴、梅、兰、竹、菊等)以及表示吉祥的“八宝”“暗八仙”“吉祥”“寿”字等作为主体,用各式模仿自然界奇妙云势变化的云纹作陪衬。云纹有行云、流云、片云、团云、朵云、回合云、和合云、如意云等多种变化纹。正是这些既模仿自然界奇妙的云势变化,又经过艺术加工的云纹,使云锦图案达到了繁而不乱、疏而不凋、层次分明、栩栩如生、突出主题的艺术效果。它有妆花、库锦、库缎三大类产品。其中的妆花,是云锦中织造工艺最为复杂的品种,也是云锦中最具代表性的产品。其织物组织有“五枚缎”“七枚缎”“八枚缎”之分;花纹单位有“八则”“四则”“三则”“二则”“一则”之别。妆花由于采用挖花盘织工艺,彩纬配色非常自由,有时为使织物上的纹饰呈现生动优美、富丽堂皇的艺术效果,花纹配色可多至二三十种颜色,品种有“妆花缎”“妆花罗”“妆花纱”“妆花

锦”等。由于妆花织物异常精美,自出现之时,就成为皇亲国戚必不可少的服装用料。仅明代《天水冰山录》记载的妆花织物品名便有妆花缎、妆花纱、妆花罗、妆花绢、妆花绒、妆花改机等近十种。定陵出土的一百七十余匹袍料和匹料中,妆花织物占了一半以上,全国各地明代墓葬中出土的妆花织物也屡见不鲜,而故宫中的清代妆花织物更是不计其数。

(2) 蜀锦

蜀锦是古代四川成都周围一带所产的特色织锦,以织物质地厚重,织纹精细匀实,图案取材广泛,纹样古雅,色彩绚烂,浓淡合宜,对比强烈,极具地方特色而著称。因成都古称蜀,故名。

史载蜀地产锦始于战国以前,汉代名闻全国。三国时诸葛亮从蜀国整体战略出发,把蜀锦生产作为统一战争的主要军费来源,并颁布法令说“今民贫国虚,决敌之资唯仰锦耳”,使蜀锦产量大增,并远销各地。成都当时还为工匠建立了锦官城,把作坊和工匠集中在一起管理。成都的别名“锦城”就是这样来的。而环绕成都的岷江,又名“锦江”,则是源于左思《蜀都赋》:“伎巧之家,百室离房,机杼相和,贝锦斐成,濯色江波。”隋唐时期,蜀锦的织造技艺达到了新的高度,其时无论是花色品种,还是图案色彩都有新的发展,并以写实、生动的花鸟图案为主的装饰题材和装饰图案,形成绚丽而生动的时代风格。唐以前的蜀锦都是经锦,以经向彩条为基础,利用彩经条纹与彩纬交织,形成丰富的色彩效果和独特的风格。宋元以后,蜀锦向纬锦发展,形成经锦和纬锦两大类,但仍然以经向彩条为基础提织花纹。织造经锦采用的是多综多蹑纹织机,织造纬锦采用的是花楼提花机。唐代蜀锦的纹样有格子花、纹莲花、龟甲花、联珠、对禽、对兽、长安竹、方胜、宜男、狮团、八答晕等。宋元及以后的纹样有庆丰年、灯花、盘球、翠池狮子、云雀、瑞草、云鹤、孔雀、宜男、百花、如意牡丹等。现仍在生产的传统品种有雨丝锦、方方锦、铺地锦、散花锦、浣花锦、彩晕锦等,其中,雨丝锦特点是锦面用白色和其他色彩的经丝组成,色经与白经交替过渡,形成色白相间,呈现明亮对比的丝丝雨条状,雨条上再饰以各种花纹图案,粗细匀称,既调和了对比强烈的色彩,又突出了彩条间的花纹,具有烘云托月的艺术效果,给人以一种轻快而舒适的韵律感。常见的图案有草堂、百花、芙蓉白凤、翔凤游龙、莲池鸳鸯、蝶舞花丛、葵花、牡丹、梅竹、龙凤等。方方锦特点是缎地纬浮花,在单一地色上,以彩色经纬线配以等距不同色彩的方格,方格内饰以不同色彩的圆形或椭圆形的花纹图案,如梅鹊争春、凤穿牡丹、百花等。铺地锦的特点是在缎纹组织上用几何纹样或细小的花纹铺满地子,再在花纹上嵌织大朵花卉,如宝相花等。

(3) 宋锦

宋锦产于以苏州、杭州为中心的江南一带。由于其花纹图案主要继承唐和唐以前的传统纹样,故又被称为“仿古宋锦”。

相传在宋高宗南渡后,为满足当时宫廷服装和书画装饰的需要,在苏州设立织造署而开始生产宋锦,至南宋末年时已有紫鸾鹊锦、青楼台锦等 40 多个品种。南宋朝廷文武百官还以宋锦为袍服,其纹样按职务高低各有定制,分为翠毛、宜男、云雁、瑞草、狮子、练雀、宝照,共计 7 种。明清时期苏州宋锦生产最盛,其宫廷织造和民间丝织产销两旺,素有“东北半城,万户机声”之称。

宋锦色彩丰富,层次分明,不用强烈的对比色,而是以几种层次相近的颜色作渲染。它的地纹色大多运用米黄、蓝灰、泥金、湖色等;主花的花蕊或图案的特征,用比较温和而鲜艳的特用色彩;花朵的包边或分隔两类色彩的小花纹则用协调而中和的间色。各种颜色的巧妙配合,形成宋锦庄严美观、晕渲相宜、繁而不乱、典雅和谐、古色古香的风格。它的品种通常根据织物结构、工艺、用料、风格以及使用性能,分为重锦、细锦、匣锦和小锦四类。其中重锦是宋锦中最贵重的一种,特点是质地厚重精致,花色层次丰富。多使用金银线,并采用多股丝线合股的长抛梭、短抛梭和局部抛梭的织造工艺。常用图案有植物花卉纹、龟背纹、盘绛纹、八宝纹等,产品主要用于各类陈设品。细锦是宋锦中最具代表性的一种,其风格、工艺与重锦大致相近,只是所用丝线较细,长梭重数较少。以前用全蚕丝织制,近代为降低成本,多采用蚕丝与人造丝交织。常用图案一般以几何纹为骨架,内填以花卉、八宝、八仙、八吉祥、瑞草等纹样。由于织物厚薄适中,被广泛用于服饰、高档书画及贵重礼品的装饰、装帧等。匣锦通常采用蚕丝与棉纱交织,工艺多采用一两把长抛梭再加一短抛梭。纹样多为小型几何填花纹或小型写实形花纹。由于经纬配置稀松,常于背面刮一层糊料使其挺括,用于一般的装裱和囊匣。小锦以几何纹和对称小花纹为主,图案大多采用吉祥如意的会意写实,如八宝、八仙、八吉祥以及“寿”字等,主要用作庙宇佛幡、书、画册封面以及工艺品礼盒装潢等。

(七) 缂丝

缂丝在古代最初叫织成,后来因其表面花纹和地纹的连接处有明显像刀刻一般的断痕,自宋代起又叫刻丝、剡丝、克丝。它实际上是一种以蚕丝为经线,以各色熟丝为纬线,用结织技术织作的一种高级显花织物。

缣丝,亦即织成,起源于何时已很难考证,但两汉时期的人就用它制作比较讲究的衣物是毫无疑问的。《后汉书·舆服志》载:“郊天地、宗祀、明堂,……乘舆(衮服)刺绣,公侯九卿以下,皆织成。陈留襄邑献之云。”陈留襄邑系现在河南襄城县,汉代此地纺织业非常发达,两汉王朝均曾在襄邑设置织作机构,专门织作当时政府需用的织物。显然皇帝的衮服图案是刺绣,而公侯九卿以下祭祀天地和参加其他重要典礼的礼服,皆是用陈留襄邑生产的缣丝制作的。晋至唐期间,缣丝得到进一步发展,用途变得更为广泛,出现了织成绦、织成褥缎、织成带、织成背子、织成裙、织成绶、织成袈裟等名目。用途的扩大,还导致缣丝图案和风格发生了大的变化。当时常常用佛像、人物和各种物体作纹样的主题,用不同的颜色作图案的地色,或者同时使用五色,或加织金银线,力求增加色彩鲜艳度,出现了称为“五文织成”“合欢织成”和“金缕织成”的制品。一件精工细作的缣丝服装,往往价值百万。《南史》载:“董暹有金贴织成战袄,值七百万。”《中华古今注》载:“天宝年中,西川贡五色织成背子……费用百金。”也是从这个时期开始,缣丝在织品中的地位大为提高,从侍臣之服用料,变为皇帝之服用料。同时,在其他需要用缣丝显示尊贵的地方,也一律以缣丝充任。比如锦,从来都是被视为最华丽、最难织作的织物,从这个时期起却被缣丝超越过去。唐代张怀瓘著《二王书录》说:南北朝和唐代内府均曾收藏许多二王法书,超等的俱用缣丝装裱,其次的始用锦装裱。到宋明期间,缣丝技术完全成熟,各地的能工巧匠已灵活运用攒、构、结、搭棱、子母经、长短戗、包心戗和参和戗等多种技法制作缣丝。此时,在制作的原则上,起了一个很大的变化。唐以前的缣丝只是单纯供统治阶级使用的织物,自北宋起,缣丝就脱离了它的实用属性,变成纯艺术品。缣丝的这个变化,同宋以后绘画的发展是相适应的。宋、元、明三代是我国绘画大发展的时期。缣丝深受绘画的影响,因而才从单纯的服用转而为兼供欣赏的东西。宋、元、明三代出现了许多具有熟练技术的缣丝名匠,其中最为著名的有南宋的朱克柔、沈子蕃、吴煦,明代的朱良栋、吴圻等。他们都有不少传世佳作,如朱克柔有《莲塘乳鸭图》《山茶》《牡丹》等,其作品特点是手法细腻,运丝流畅,配色柔和,晕渲效果好,立体感强。宋徽宗曾在他缣织的《碧桃蝶雀图》上亲笔题诗:“雀踏花枝出素纨,曾闻人说刻丝难。要知应是宣和物,莫作寻常黼绣看。”沈子蕃有《青碧山水》《花鸟》《山水》《梅花寒鹊》(图1-78),其作品特点是手法刚劲,花枝挺秀,色彩浓淡相宜。这些名家之作,具有自



图 1-78 南宋沈子蕃
缣丝《梅花寒鹊》

成风韵的独特艺术风格,不但可与所仿名人书画一争长短,有的艺术水平和价值甚至远远超过了原作,对后世影响很大。

凡是织品都得用织机制作,缂丝也不例外。缂丝有其专用的织机,这是一种结构简单的木机(图1-79)。缂织时,先在织机上安装好经线,经线下衬画稿或书稿,织工透过经丝,用毛笔将画样的彩色图案描绘在经丝面上,然后再分别用长约10 cm、装有各种丝线的舟形小梭依花纹图案分块缂织。可见缂丝虽然用织机,却不单纯地依赖织机,还得辅以缂丝特有的“通经断纬”的缂织技术。所谓“通经断纬”,不同于一般丝织物的提花结本,它是用小梭、拨子等工具,采用结、贯、勾、枪和长短梭等技法,将各色彩纬按经纱上所描花纹轮廓或颜色分块与经纱交织。宋代庄绰在《鸡肋篇》中对缂织的特点作过详细描述:“定州织刻丝,不用大机,以熟色丝经于木杼之上,随所欲作花草禽兽状。以小梭经纬时,先留其处,方以杂色线缀于经线之上,合以成文。若不相连,承空视之,如雕缕之象,故名刻丝。如妇人一衣,终岁可得,虽作百花,使不相类亦可,盖纬线非通梭所织也。”其中所谓“盖纬线非通梭所织也”,就是指断纬而言。

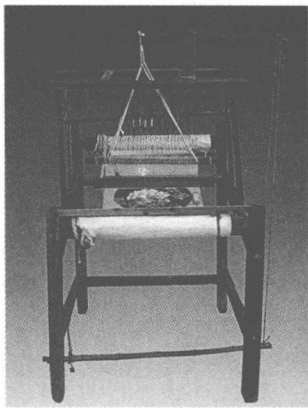


图 1-79 缂丝机



下 篇

19、20 世纪的 纺织技术



一、概述



在原始社会初期,纺织技术发明之前,人们利用狩猎所得的兽皮、羽毛或是采集所得的树叶、茅草来做御寒蔽羞的“衣服”,这样的原始社会经历了漫长的岁月。随着社会不断地发展,人类开始发明并使用简单的手工机器纺织,生产一些粗糙的纺织品用来缝制服装。这种原始手工纺织生产又经历了漫长的历史演进,各地区或先或后地出现了由原动机件、传动机件和工作机件三部分组成的手工纺织机,诸如手摇纺车、缫车、脚踏织机等。

进入18世纪,英国发明了蒸汽机,为工业革命提供了物质基础,因此,在18世纪下半叶,产业革命首先在西欧的纺织业开始,从此机器把工人的手从纺织生产过程中初步解脱出来,为利用动力驱动的集中性大工业生产方式准备了物质和技术条件。由于产业革命,欧洲资本主义生产方式逐步建立,导致贸易迅速发展,欧洲资本主义国家在世界各地占领了殖民地,又为资本主义的发展提供了广阔的原料产地和纺织品销售市场,加上手工纺织机器工作机件的一系列改进,使得利用动力代替人力驱动的集中生产成为可能。在此情况下,各种动力纺织机械纷纷问世。18世纪70—80年代,欧洲广泛利用水力驱动棉纺机器,如1788年英国就有43个棉纺厂是用水力驱动机器的。18世纪末,纺织厂开始使用蒸汽机,从此家庭手工业生产逐步被集中性大规模工厂生产所代替,纺织生产正式步入大工业时代。

大工业化的生产又为纺织工业的发展提供了丰厚的资金和人力资源,这在一定程度上促进了纺织机器更多的革新和改进,推动了纺织工业的蓬勃发展。1825年英国R. 罗伯茨制成动力走锭纺纱机,后经不断改进与完善,逐步推广应用。1828年,美国人J. 索普发明了更加先进的环锭纺纱机,后经过不断改进,得到广泛使用,到20世纪60年代几乎完全取代了走锭纺纱机。翼锭和环锭纺纱机的发明,使加捻和卷绕两个动作部件同时连续进行,这要比走锭纺纱机上加捻与卷绕交替进行的生产效率提高很多。但是这种加捻和卷绕工作是由同一套机构(翼锭或环锭)完成的,这就在一定程度上限制了成纱卷装的尺寸,于是又产生了卷装尺寸与机器运转速度之间的矛盾。要解决这个问题,只有把加捻和卷绕分开,各由专门机构来完成,这就是矛盾的对立与统一,从而促进了事物的发展。基于这一

概念,在 20 世纪中叶,各种新型纺纱方法相继产生,如自由端加捻的转杯纺纱(气流纺纱)、涡流纺纱、静电纺纱、摩擦纺纱(尘笼纺纱),非自由端加捻的喷气纺纱、自捻纺纱、包缠纺纱(轴向纺纱、平行纺纱)、无捻纺纱等。

在织造方面,自从 1785 年动力纺织机出现后,1895 年美国人 J. 诺斯勒普发明了自动换纤织机,1926 年日本人丰田佐吉制成了自动换梭织机,从此织机进一步走向自动化。但这时引纬还是要用梭子,这不仅限制了织机速度的进一步提高,而且要让几百乃至上千克重的梭子来回迅速地飞行,也是对能源的极大浪费。于是,在 20 世纪上半叶,相继出现了不带纤管的片梭织机,用细长金属杆挟持纬纱的剑杆织机,用喷气、喷水方法引纬的喷射织机等,这就从根本上取消了笨重的载纬的梭子,不仅大大提高了织机的回转速度,降低了噪音,而且取消了卷纬工序。但是,在制造过程中,打纬是无法避免的,因此织机仍是往复式的,噪声和速度的限制暂时还不能突破。

在这一阶段,染整技术也取得了长足进步。欧洲一些化学家对染料性能和染色原理方面的研究工作首先获得突破。19 世纪以后,人工合成染料取得了一系列的成果,如苯胺紫染料(1856 年)、偶氮染料(1862 年)、茜素染料(1868 年)、靛蓝染料(1880 年)、不溶性偶氮染料(1911 年)、醋酸纤维染料(1922—1923 年)、活性染料(1956 年)等。由于合成染料研制成功,染料的生产完全摆脱了对自然界的依赖,印染生产进入了一个新时期。与此同时,浸染、轧染的连续化,溢流染色等一批新工艺的生产,各种染色助剂和载体及相应的染色设备的问世,使染色工艺逐步实现了机械化、连续化大工业生产体系。印花也逐步实现了连续化、自动化。先进的滚筒印花、圆网印花等机器先后投入生产。但是,还有一些特别精细的高精印花产品仍用手工或半自动设备进行生产。进入 19 世纪后,纺织品整理技术也取得了很快的发展,各种新型整理方法与设备不断出现,轧光、拉幅、防缩、防皱整理、拒水整理、阻燃整理、丝光整理等工艺都在不断完善,适应化纤产品的各种染整新工艺已经配套。

纺织业进入大工业化生产时期以后,其规模迅速扩大,对于原料的需求越来越大,故而促使人工制造纤维技术的发展加快。19 世纪末,英国发明了人造纤维生产工艺,硝酸人造丝和黏胶人造丝开始进入工业生产。20 世纪上半叶,锦纶、腈纶、涤纶等合成纤维相继投入工业生产。人工制成的化学纤维品种很多,除再生纤维和普通合成纤维外,还有差别化纤维、功能性纤维和高性能纤维,有的具有比较优良的纺织性能和经济价值,生产规模不断扩大,有的则由于性能不佳或者经济上不合算或者生产严重环境污染而趋于淘汰。其后,人们致力于研究使化学纤维具备近似天然纤维的舒适性能,或者具备天然纤维所不及的特殊性能,于是改性纤维和特种纤维的开发工作不断取得重大的进步和成果。

二、纤维的种类



凡是直径在数微米或略粗些,长度比直径大许多倍(上千倍甚至更多)的物体,一般都可称作纤维。其中长度达到数十毫米以上,具有一定的强度、一定的可挠曲性和互相纠缠抱合的性能,化学稳定性好,具有其他服用性能,适用于纺织加工,能制成纺织品如纱线、绳带、机织物、针织物、非织造布等的纤维,叫做纺织纤维。它的品种很多,一般分为天然纤维和化学纤维两大类。

(一)天然纤维

天然纤维是指自然界里原有的,或从人工培植的植物、人工饲养的动物上获得的纺织纤维。根据它们的生物属性,又可分为植物纤维(如棉纤维、麻纤维、竹纤维、桑皮纤维、香蕉纤维、菠萝叶纤维等)、动物纤维(如羊毛、特种动物毛、蚕丝等)和矿物纤维(如石棉等)。

1. 植物纤维

植物纤维是从植物的种子、果实、茎、叶等处得到的纤维。主要组成物质是纤维素,并含有少量木质素等,故又称为纤维素纤维。根据它们在植物上的生长部位不同,又可分为种子纤维(如棉花等)、韧皮纤维(如亚麻、苧麻等)、叶纤维(如剑麻、蕉麻等)和果实纤维(如椰子纤维等)。

(1)棉

棉花是锦葵目锦葵科棉属植物种子上被覆的纤维,简称棉。18世纪产业革命以来,棉成为世界上最主要的纺织原料。纺织工业使用的棉花,主要根据纤维的粗细、长短和强度大小分为三类:长绒棉(主要是埃及棉)、细绒棉(陆地棉)和粗绒棉(亚洲棉)。世界产棉区按纬度可分为北、中、南3带。北带在北纬 $46^{\circ}\sim 20^{\circ}$,

亚洲、北美洲、欧洲产棉国大多处于此带,占世界棉产量的80%左右;中带在北纬 $20^{\circ}\sim 0^{\circ}$,非洲和南美洲北部的一些产棉国大多处于此带,约占世界棉产量的10%;南带在南纬 $0^{\circ}\sim 30^{\circ}$,南美洲和大洋洲的产棉国大多处于此带,约占世界棉产量的7%。第二次世界大战前,世界棉花的生产量和出口量大部分集中在美国。直到1949年,美国棉纤维的年产量仍占世界总产量的55%,出口量占世界总出口贸易的70%以上。20世纪50年代后,前苏联的棉花生产有了较大发展,到60年代上升为最大产棉国和棉花出口国之一。中国是19世纪末开始引进细绒棉品种的,自20世纪40年代起,先后引进和选育出多种适合中国栽培的优良品种。50年代以来,经过大规模棉种更换,中国原棉几乎全部改为细绒棉,而且原棉种植地域不断扩大,形成长江流域、黄河流域、辽河流域、西北内陆、华北等五个主要产棉区。80年代初,中国的棉花总产量超过了美国和苏联,同时成为最大的原棉消费国。

长期以来,人们只知道棉花是白色的,其实,在自然界中还存在有色棉花。这种棉花的色彩是一种生物特性,由遗传基因控制,可以传递给下一代。

进入20世纪80年代后,由于国际上骤然掀起一股休闲舒适和回归自然的浪潮以及人们对生存环境的关注日趋强烈,彩色棉花成为人们追逐的目标之一。其实,人类利用彩色棉已有相当长的历史了,只不过其早期的品质远逊于白色棉花,兼之产量低,长期以来没有引起人们的高度重视罢了。现在国内外棉花研究工作者正在利用生物遗传工程方法,在棉花的植株上接入产生某种颜色的基因,让这种基因使棉株具有活性,因而使棉桃内的棉纤维变成相应的颜色。如在棉株上植入紫红色基因,棉纤维就会变成紫红色,又如蓝色、绿色、棕色、灰色、橙色、黄色等,所需颜色均可利用生物技术来获得。利用彩色棉花进行纺纱织造,无须再进行染色加工,就可获得有色织物,这样对自然生态环境就不会造成污染,因此,人们把用彩色棉花加工成的纺织品称为环保纺织品或绿色纺织品。这种纺织品是当今人们穿着的潮流和时尚。

据报道,1988年人们在秘鲁北部兰巴耶克省的一座古代莫其卡人的墓穴里发现了一些棉花种子,这引起考古工作者和农业专家的极大兴趣,于是他们就将这些比钻石还要宝贵的珍稀棉花种子送到德国进行科学鉴定,并进行初步发芽和栽培试验。令人惊奇的是,这些已沉睡了400多年的古老棉花种子很快发了芽,并在农业专家精心培育下结出了棉桃,长出了褐色和红黄色的彩色棉花与白色棉花。这一考古发现揭示了在400年前的古代秘鲁,人们就有过栽培彩色棉花的历史和栽培技术。与此同时,人们还在墨西哥中部地区发现,古代民间也有过栽培

彩色棉花的历史。在 20 世纪初,墨西哥的阿慈特克族人就种植过棕红色、黄色和驼色等彩色棉花。我国也有种植和利用彩色棉花的悠久历史。在明清时期的江南地区(以松江一带最为著名)就曾种植过一种称为“红花”的土红色棉花和一种天然棕色棉花。由于棕色棉花开的花呈紫色,故由这种棉花织成的布称为“紫花布”,又由于这种紫花布以南京为集散地大量出口到欧洲各国,故又有“南京布”之称,并享誉欧洲,特别是在英国曾风行一时。在 19 世纪 30 年代曾以“紫花布”裤配杭纺衬衫最为时尚,贾商巨富、达官贵人争相穿着,以显示其身价地位。可是好景不长,后来随着江南作坊式手工纺织业的衰败,“紫花布”也就从此销声匿迹了。

虽然在自然界早已有彩色棉花存在,但这种天然彩色棉花的纤维较粗短,可纺性能较差,不适宜于机械加工,同时棉花的颜色又过浅,故在近代纺织工业中,这一纺织纤维资源一直未能得到广泛的开发利用。自 20 世纪 70 年代以来,随着国际社会对环境保护问题的日趋重视和人们崇尚自然、回归自然浪潮的兴起,生物技术飞速发展,为彩色棉花的开发利用创造了条件,提供了机遇。因此,世界各主要产棉国家利用生物技术纷纷开展了彩色棉花的研究,并已取得了初步成果。

在研究培育彩色棉花的国家中,美国是起步较早的国家之一,自 20 世纪 70 年代开始进行彩色棉花的遗传育种工作以来,已培育出浅蓝色、粉红色、浅黄色和浅褐色等多种色彩的棉花。20 世纪 80 年代初,美国科学家莎莉·福克斯在加利福尼亚州的一个私人农场里建立了彩色棉花试验基地,从中美洲引进印第安人种植的各种短纤维彩色棉,并将其与本州的长绒棉进行远缘杂交。经过五年多的精心研究,终于培育出了颜色较深的长纤维彩色棉花,颜色有红色、深棕色和墨绿色等,纤维长度和强度完全达到纺织生产的要求。在此基础上,她开办了一家天然彩色棉花公司,专门从事生产和销售各种彩色棉花,品种有红褐色的“土狼”棉,深棕色的“水牛”棉和墨绿色的“绿阴”棉。同时,美国科学家正在进行以基因技术来攻克培育蓝色棉花的难点,他们把棉花植株插入槐蓝植株中使其产生蓝色的基因,然后再通过遗传工程技术使这些蓝色基因只在棉纤维中具有活性,从而使棉桃一开始就具有鲜艳的颜色。他们还计划培育出纤维长度更长、更细、强力更高,保暖性、抗褶皱性和阻燃性更好的彩色棉花。

秘鲁种植彩色棉花的历史悠久。从 1981 年开始,他们就实施发展彩色棉花的种植计划,并在北部滨海地区种植了 16 种彩色棉花,其中仅在瓦扬卡中部地区就种植了 $1.5 \times 10^7 \text{ m}^2$ 左右。前苏联自 20 世纪 60 年代也开始对彩色棉花进行研究,为此专门建立了特殊棉花研究所,并在基辅西南部建立了研究试验基地。他

们利用远缘杂交的方法,已培育出淡红色、淡蓝色、淡黄色、浅灰色和浅褐色等彩色棉花。其中最有趣的是,竟可在同一棉株上吐出四五种不同颜色的花絮,真是百花齐放,形成壮丽的奇观。但是,他们培育的彩色棉花质量尚未过关,主要表现在纤维强韧性还较差,色素遗传不够稳定,因此,尚未形成品系和品种。苏联解体后,乌克兰、乌兹别克斯坦、土库曼斯坦、哈萨克斯坦、塔吉克斯坦等产棉国家继续进行彩色棉花的研究工作。埃及也是生产棉花的国家,于20世纪70年代开始进行彩色棉花的遗传育种和栽培试验工作,并在尼罗河三角洲地区建立了研究基地,现已培育出淡红色、淡黄色、浅蓝色和浅灰色等颜色的棉花,其中也有同株异枝多色杂生棉花。培育出来的彩色棉花植株虽比一般棉株高大,且棉铃大、纤维的长度长、韧度也较强,但是遗传基因不够稳定,易变异,颜色较浅,至今也未能形成品系和品种。

除上述一些国家正在开展彩色棉花研究工作以外,法国、澳大利亚、墨西哥等国也都开展了彩色棉花的研究和种植试验,也取得了初步成果。我国于20世纪90年代初从美国引进了3种彩色棉花的种子,并在甘肃敦煌建立了美国彩色棉花育种试验基地,现已基本完成地域适应性任务。特别是其中的浅绿色棉花,无论是对地域的适应性,还是抗虫害性、抗逆性都达到了满意的效果,单产也较高。另外,在河南等地也有试种,效果也很好。

彩色棉花不仅具有普通棉花的优良服用性能,还是环保型纤维,可省去传统的染色加工,既可免除化学药剂对人体的伤害,又可节能节水,不污染环境。而且由天然彩色棉花织成的各种彩色棉布还具有风格独特、色彩古朴典雅、自然气息强等特点。更为奇特的是,由它缝制的服装经过多次穿着、洗涤后,其色彩仍嫣然如初,毫不退色,而且在最初机洗20~30次后,颜色还会逐渐加深,以后才又恢复到刚被采摘时的颜色。

20世纪后期,随着生物转基因技术的兴起,出现了转基因棉。所谓转基因棉就是将外源基因转入棉花受体,使其得到稳定的遗传性能,从而定向培育出的棉花。以生物技术为核心的棉花科技革命,正在使转基因棉成为棉花产业的发展方向,转基因抗虫棉因高产、方便管理、少施或不施农药等特征而使种植面积日益扩大。采用杂交转基因等现代工程培育出的天然彩色棉,以其生产以及后续加工的“零污染”而备受青睐。

转基因的研究是一项复杂的系统工程,既需要采用基因工程技术进行分离与改造、基因转移及转基因棉的培育,还要利用常规育种技术进行转基因棉的改进,同时还要研究转基因棉相应的栽培技术和良种繁育技术。转基因棉的品种较多,

应用较多的目的基因是抗虫基因。此外还有抗除草基因、雄性不育基因、抗病(黄萎病等)基因、聚酯纤维(化纤芯)基因、色素基因以及抗脱落基因等,正在研究或已开始利用。美国是世界上开展基因工程研究较早的国家。1990年,美国批准了孟山都公司的第一例转基因抗虫棉的田间试验。1994年,美国批准了第一例耐除草剂的转基因棉花 BXN 的商业化种植。现已有转化纤芯基因棉、蓝色基因棉及抗虫基因棉的转基因棉株。同时,抗盐、涝、高低温等基因的分离、克隆及转化工作也正在进行之中。目前对转基因棉花的研发主要集中在抗病抗虫方面的研究、对天然彩色的基因转导的研究以及运用基因工程对棉纤维品质进行改良上。例如,把动物角蛋白基因导入棉纤维,培育成角蛋白基因棉。这种棉成为世界优质棉中的极品,它具有动物毛的光亮、柔软以及富有弹性等优点,而且角蛋白转基因棉纤维品种好,如有的品种主体长度达 32 mm,断裂强度在 25 CN/tex 之上。角蛋白转基因棉制品呈现有透湿、透气性能好,手感滑爽等特性,具有广泛的应用前景。转基因棉具有抗棉铃虫性强、农艺性能良好、丰产性好、抗病性强、不使用农药、环保卫生、纤维品质优良等特点。比如中国的 GK19 号转基因棉,主要性能指标达到优良纺纱标准。转基因棉在纺织服装领域的应用,主要是用于服装和家用纺织品等。由于转基因棉不需要经过化学品的处理,因此用它加工成的纺织品具有手感好、强度高、柔软性好的特点,并且对人体无害,是一种高科技的绿色、环保产品。

(2) 麻

麻是我国古代衣料的主要原料之一,品种很多,有茎纤维(如黄麻、亚麻、苧麻、槿麻、大麻、苘麻、罗布麻等)和叶纤维(如蕉麻、剑麻、凤梨麻等)之分,分布区域广阔,全国各地均有种植。19 世纪后种植的麻类品种主要有苧麻、大麻、亚麻、黄麻、苘麻和槿麻等 6 个品种。

① 苧麻

苧麻原产于中国,是麻类中品质优良而又适宜于纺织高级衣料的品种,外国人称之为中国草。英国于 18 世纪、法国于 1844 年、美国于 1855 年曾分别引进中国的不同苧麻品种。我国苧麻产区主要分布在黄河、长江和珠江流域,其中主要产地为湖北、湖南、江西、广西和四川五省。

② 大麻

大麻是人类最早培育的作物之一,中国是最早种植和使用大麻的地区。大麻制品具有独特的风格和优异的性能,手感柔软,穿着舒适,透气透湿,凉爽宜人,抑菌防腐,保健卫生,耐热耐晒,隔音绝缘,功能奇特,粗犷潇洒,目前主要产地是中

国、印度和独联体国家,其次是土耳其、匈牙利、罗马尼亚、波兰等国。1978 年世界大麻产量为 3 万吨。1980 年中国大麻产量为 6.75 万吨,以山东、黑龙江两省生产最多,其次是安徽、山西、甘肃、河北等省。

③黄麻

黄麻种植的历史非常悠久,中国近代种植的品种大都是从印度引进的。18 世纪末,首先在台湾和浙江相继引种成功。其后广东、广西、福建、安徽、江西、湖北、湖南、云南、贵州等省亦有种植。

④亚麻

亚麻原产地有两个:细叶亚麻原产于卡内利群岛和高加索一带;一年生亚麻原产于波斯湾、里海和黑海之间。中国首先引种的是胡麻,主要种植于西北和内蒙古,纤维用亚麻主要从俄罗斯引种于黑龙江和吉林两省。亚麻以“西方丝绸”“第二皮肤”的美誉而闻名于世。在中国古代的各种本草药典中都记载着其有性温无毒、活血润燥、祛风解毒、益肝养肾、养护皮肤的功效,特别是将它应用于皮肤病的治疗,疗效很好。

⑤罗布麻

罗布麻是一种野生植物纤维,由于最初在中国的新疆罗布泊发现,故得名。目前,罗布麻在中国已得到广泛的应用,同时,国外对罗布麻的开发利用也很重视。这种野生麻生命力特别强,它喜光,耐干旱、耐盐碱、耐寒冷,适应性强,适宜在盐碱、沙漠等恶劣的自然条件下生长,在我国分布面积较广,近代主要分布在淮河、秦岭、昆仑山以北地区,集中产地为新疆、内蒙古、甘肃及青海等地,在山东的黄河口、陕西、江苏等地也有发现。罗布麻最为突出的性能是具有一定的医疗保健功能,其纤维洁白、柔软、滑爽,含有黄酮类化合物、蒽醌、强心甘类(西麻甘、毒毛旋花子苷)、芸香苷、多种氨基酸(谷氨酸、丙氨酸、缬氨酸)、槲皮素等化学成分,对穿着者稳定血压、清火、强心、利尿等具有显著的效果。穿着由罗布麻与棉混纺的内衣,能有效地起到改善高血压症状、控制气管炎和保护皮肤等作用。罗布麻是一种具有优良品质的麻纤维,除了具有一般麻类纤维的吸湿性好、透气、透湿性好、强力高等共同特性外,还具有丝的光泽、麻的风格以及棉花的舒适性。

⑥槿麻

又名泽麻、红麻,原产地为东南亚和非洲。我国大约在 20 世纪初从印度和俄罗斯引进,在台湾省试种,其后又在浙江、江苏、江西、广东等省试种和推广。

⑦苘麻

苘麻在我国种植的历史也很悠久,主要产区为我国北部,其中,河北、山东产

量最高,其他省份也有种植。苘麻的纤维短,强度低,但有不易腐烂的特点,目前常与黄麻、洋麻进行混纺,制成麻袋、麻布、麻带、绳索及地毯等。

(3)其他植物纤维

在 20 世纪末,我国广大科技工作者克服各种困难,相继研究成功桑皮纤维、菠萝叶纤维、香蕉纤维和竹原纤维等,为纺织工业增添了新的原料和织物品种,对纺织工业的发展做出了贡献。

①桑皮纤维

据不完全统计,我国 2000 年蚕茧产量为 40 万吨,需 800 万亩桑田来喂养蚕宝宝,按一亩桑田栽桑树 1 000 株,1 株桑树剪枝 5~7 根,每根枝以 0.35~0.5 kg 计算,一亩田为 2 吨左右,若一年只剪枝两次,一亩桑田剪下的桑枝就有 4 吨。试验数据表明,桑树皮的重量占桑枝的 15%~20%,桑皮纤维占桑皮的 10%~30%,这样每亩桑田的废桑枝条可产桑皮纤维 100 kg,800 万亩桑田可产桑皮纤维 80 万吨,按工业化生产再乘以 80% 计算,每年可得 64 万吨桑皮纤维。

桑皮纤维制取的工艺流程为:

桑枝条经剥皮机处理成桑皮→酶处理→桑皮除杂→水浸→锤洗→碱煮→水洗→漂白→酸洗→水洗→烘干→给油→甩干→预开松→开松

桑皮纤维的可纺性较好,上色率高,织物表面光泽较好,手感似真丝绸,服用性能较好,具有耐磨、透气、吸湿、抑菌保健、抗静电、较易染色等特点,而且外观挺括、悬垂性好,回弹性好于麻类织物,坚牢耐用,风格粗犷。

②菠萝叶纤维

又称凤梨麻、菠萝麻,取自凤梨植物的叶片中,由许多纤维束紧密结合而成,属于叶片类麻纤维。主要产于热带和亚热带地区。我国主要产地在广东、广西、海南、云南、福建、台湾等省区。我国利用菠萝叶纤维已有较长的历史,在 19 世纪初出版的广东琼山、澄海、潮阳等县志上都有生产凤梨布的记载。目前,世界上有不少国家正致力于菠萝叶纤维开发利用的研究,并将其誉为继棉、麻、毛、丝之后的第五种天然高档纤维。

菠萝叶纤维的提取方法有三种:一是水浸法,就是将菠萝叶片浸泡在 30℃ 的流水或封闭式发酵池中,经 7~10 天,使其自然发酵,经人工刮取、清洗、干燥后制得原纤维;二是生物化学法,采用生物和化学溶液浸泡菠萝叶片,即将叶片浸入含有 1% 纤维酶的溶液或其他酶液中,酶液的 pH 为 4~6,40℃ 处理 5 小时,破坏纤维周围组织,再经人工刮取、清洗、干燥后获得原纤维;三是机械提取法,采用机械

力破坏纤维周围组织,同时完成纤维和叶渣的分离,经清洗、干燥后获得原纤维。机械提取纤维的工艺流程如下:

菠萝叶片(鲜叶片)→刮青→水洗→晒干→晾麻

菠萝叶纤维可以纯纺或与其他纤维混纺,用于加工服装、家用纺织品和产业用纺织品。

③香蕉纤维

可分为香蕉茎纤维和香蕉叶纤维两种。香蕉茎纤维蕴藏于香蕉树的韧皮内,属于韧皮类纤维;香蕉叶纤维蕴藏于香蕉树的树叶中,属于叶纤维。香蕉纤维不仅是一种绿色环保纤维,还是一种新型天然纤维,具有一般麻类纤维的优缺点,已成为 20 世纪末纺织的又一新材料。

香蕉纤维的提取方法主要有机械方法和化学方法两种。由于香蕉纤维是一种在组成上与麻相似的新型植物纤维,因此可以采用与麻类似的脱胶方法来制取纤维。根据纤维组成的特性,目前大多数脱胶工艺采用以碱液煮练为主要方法。

具体工艺流程如下:

预酸处理→碱煮→焖煮→漂白→酸洗

香蕉纤维具有一般麻类纤维的优点,断裂强度高,断裂伸长率小,吸湿放湿快,在标准状态下回潮率可达 14.5%,纤维粗硬,初始模量高,弹性差,服用卫生性能良好,光泽好等。

④竹原纤维

竹原纤维是继棉、麻之后的第三种天然纤维素纤维。全世界竹子资源十分丰富。据统计,世界上共有竹子 78 属,1 000 多个品种,种植面积达 1 400 多万公顷。中国共有竹子 40 属,500 多个品种,种植面积达 379 万公顷,其中毛竹种植达 270 万公顷,是世界上竹资源最丰富的国家,并于 20 世纪末首先开发成功竹原纤维。

竹原纤维的主要成分是纤维素(69.67%)、半纤维素(17.97%)及木质素(6.69%),它们同属高聚糖,三者占总量的 90%以上,长度、整齐度较好。竹原纤维的化学性能与其他纤维素纤维相似,耐碱不耐酸,自身具有抗菌性,在生长过程中无虫蛀、无腐烂,不使用任何农药,因此它天然就具有无毒、无污染、抗菌、除臭及保健等特性。

制取竹原纤维的工艺流程如下:

竹材→前处理→纤维分解→成形→后处理→竹原纤维成品

一般而言,前处理工序包括整料、制竹片及浸泡三个工段。分解工序共分三步进行,每一步都包括蒸、煮、水洗及分解四个过程。成形工序一般要经过蒸煮、

分丝、还原、脱水及软化五个步骤。后处理一般分为干燥、梳纤、筛选及检验四个步骤。

2. 动物纤维

中国养羊业历史悠久。数千年来,羊种基本上变化不大。毛纤维种类除绵羊毛外,还有山羊毛(绒)、骆驼毛(绒)、牦牛毛(绒)、马海毛、羊驼毛、兔毛等特种动物毛。其产区按自然环境和经营方式,大致可分为农业区、牧区和农牧交错区。其中,牧区养羊头数和羊毛产量所占比例最大。

(1) 绵羊毛

我国近代饲养的绵羊品种可分为如下几类:蒙古型绵羊(又可分为同羊、寒羊、滩羊和湖羊四类),主要分布在北部地区,其次是河南、山东、江苏、浙江、湖北、安徽等省;西藏型绵羊,主要分布在西藏、青海、甘肃的河西及甘南、四川西北部以及云南和贵州的部分地区;哈萨克型绵羊,主要分布在新疆的天山北麓、阿尔泰山南麓、准噶尔盆地、阿山和塔城等地区;在甘肃、青海和新疆交界处也有少量分布。20世纪初,我国开始引进优良品种美利奴羊种,辛亥革命后才在山西、张北和石门建立种羊场,开始引进少量种羊进行繁殖。其后,北京农业专门学校对美利奴羊进行驯养和繁殖,各地也纷纷引进种羊进行饲养与繁殖。在改良品种方面,把引进的美利奴、兰布里耶种羊与我国的土种羊杂交,改良了中国的绵羊品种,收到了一定的成效。

为了提高羊毛的使用价值,国内外常对羊毛进行改性处理。羊毛改性技术有多种,目前比较成熟的有无氯化或低氯化化学改性处理技术、低温等离子体处理技术、生物酶处理技术,高收缩羊毛改性技术和羊毛拉伸细化技术等,其中常用的有丝光羊毛和拉细羊毛改性处理法。

① 丝光羊毛

对羊毛进行丝光处理的基本原理是采用适当的前处理方法,部分剥除或完全去除羊毛表面的鳞片,并配合适当的后处理以改善羊毛的表面性状,使其具有类似于真丝的光泽,从而达到丝光的目的。丝光的过程是先对羊毛纤维进行重复氯化处理,以剥蚀羊毛纤维表面的鳞片,使其蛋白质降解成冻胶,甚至成为黏稠液体,然后通过碱处理除去已剥蚀的羊毛的鳞片层中降解的蛋白质,使其表面光滑、平整,对光线呈现有规则的反射,从而显现出光泽。常见的丝光方法主要有毛条连续化丝光、毛条间歇式丝光及绞纱间歇式丝光三种。其中,最难的方法是绞纱间歇式丝光。因为毛条连续化丝光可以通过自动控制给液来达到丝光处理均匀

的效果;毛条间歇丝光除同毛条连续化丝光一样外,还可以在混条、梳毛及纺纱过程中更均匀地拼混;而绞纱间歇式丝光则因绞纱本身紧密,一旦丝光不均则很难弥补,而且易产生色花,故丝光处理难度较大。但是,这种丝光方式也有其优点,就是它的适应性广,特别适用于小批量、多品种、快交货的要求。

丝光常用的氯化剂主要有氯气、次氯酸钠及二氯异氰脲酸盐等。前两种氯化剂一般只适用于毛条连续化丝光,对设备有特殊的要求,而且需要配备较好的自动控制给液系统,才能保证丝光处理的均匀性。二氯异氰脲酸盐则适用于毛条间歇式丝光和绞纱间歇式丝光,因其释氰速度可通过调整丝光工艺条件来控制,易处理得均匀,现已被广泛采用。羊毛进行丝光处理后,可提高纺纱支数,提高服装的服用性能,更能适应纺织产品的开发和国际纺织品市场的需要,并可大大提高纺织产品的附加值和国际市场竞争力,这是羊毛改性技术发展和毛纺织业发展的趋势。

②拉细羊毛

羊毛拉伸细化技术是 20 世纪 90 年代羊毛和毛纺行业中的前沿技术,以澳大利亚联邦工业与科学研究院(CSIRO)的研究为代表,其注册商标为 optim,用以生产光泽好、手感同蚕丝、悬垂性优良的轻薄毛织物。20 世纪后国内也有一些大学(如东华大学、天津工业大学、西安工程大学、北京服装学院等)和企业从事这方面的研究,现已成功研究开发了适应工业化的生产设备,形成了连续化生产能力,生产出细化羊毛纤维。拉细羊毛可使其伸长 40%~50%,纤维直径比未拉伸前细 3~4 μm 。

羊毛拉伸细化的原理不同于减量细化法,它以不破坏纤维鳞片为前提,通过化学助剂使羊毛大分子之间的氢键、盐式键及二硫键断开,在适当的温度、湿度下经过机械拉伸,使羊毛大分子之间发生相互滑移,并将此状态定型达到细化目的。拉伸后,其纤维内部结构的改变使其物理性能、化学性能、染色性能及热稳定性都发生了变化。拉伸羊毛是一种工艺与技术相结合而产生的新型改性羊毛。它的结构和性能与丝相似,最适合于加工轻薄型光泽好和悬垂性好的机织产品。用其开发的高支轻薄产品,具有呢面细腻、手感柔软、滑糯活络、高档感强等特点,既可充分显示羊毛的天然优良性能,又具有改性后的独特性能。我国羊毛拉细的工艺有对毛条或粗纱进行拉伸和对绞纱进行拉伸两种。在两种工艺中,拉伸前都要使用化学助剂进行预处理,拉伸后需要在适当的温度、湿度条件下进行定形。

(2)山羊毛、绒

在脱毛季节从山羊身上抓下来的毛,经分梳去掉其中的粗毛(山羊毛)后就是

山羊绒。其中以开司米山羊所产的绒毛质量最好。这种山羊原生长在我国西藏一带,后来逐渐向四方传播繁殖。生产山羊绒的国家主要有中国、伊朗、蒙古和阿富汗。全世界每年产山羊绒约为1万吨,我国是第一产绒大国,年产量约占世界的60%,而且羊绒的质量也居首位。山羊绒有白绒、紫绒、青绒之分,其中以白绒最珍贵,仅占世界山羊绒总产量的30%左右。不同颜色的山羊绒,其细度、长度也有差异。白绒较青绒、紫绒略粗,强度高,平均长度长,但长度均匀度差;青绒比紫绒粗而长,紫绒强度比青绒大。

山羊绒纤维纤细而均匀,柔软而富有弹性,光泽柔和,集轻、暖、软、滑于一身,是纺织工业的珍贵、高档原料,其产品具有外表美观、华贵高雅、手感柔软、穿着舒适等特点。故山羊绒有“软黄金”“纤维的钻石”“纤维王子”“白色的云彩”等美称。

山羊毛是指从绒山羊和普通山羊身上取下的粗毛和死毛的统称,属于特种动物毛。为了适应恶劣的气候变化,山羊全身长有粗长的外层被毛和细软的绒毛,以抵御风雪严寒。山羊的毛发一般分为内、外两层。内层(即生长在被毛底部的细绒毛)为柔软、纤细、滑糯、短而卷曲的绒毛,称为山羊绒。外层是粗、硬、长而无卷曲的粗毛,即为山羊毛。山羊毛因其粗硬而无卷曲,抱合力差,未经处理很难用于纺织生产。过去,山羊毛除部分用于生产毛毡、毛绳、制笔、毛刷以外,其余均作为废物处理,经济价值很低。后来,经过变性处理的山羊毛纺织加工性大为改善,应用范围扩大。山羊毛资源有三:剪下的山羊毛(剪毛),分梳的下脚毛,灰褪的山羊毛。山羊毛具有与特别粗的绵羊毛相似的结构,但也有区别。山羊毛比较光滑,表面摩擦系数较小,抱合力差。皮质层多呈皮芯结构,其正皮质细胞主要集中在毛干的中心,而偏皮质细胞分布在周围,所以山羊毛无卷曲。

山羊毛变性处理有两种方法:一是化学变性处理方法。化学变性处理可使山羊毛变软、变细、卷曲度增加,从而可以提高山羊毛的可纺性和成纱性能。目前,山羊毛的化学处理方法主要有氯化—氧化法、氯化—还原法,氯化—酶法、氧化法、还原法及氨—碱法等。采用化学变性处理后的山羊毛可变细、变软、卷曲度增加、纤维伸长变形能力增大,顺逆摩擦因素以及鳞片摩擦效应均有所提高,而纤维强力却未受到太大的影响,甚至还有一定程度的提高,从而明显地提高了纺纱性能和成纱质量。二是物理变性处理方法。由于经化学变性处理后的山羊毛卷曲程度的提高不太明显,而且纤维在变性过程中还受到一定程度的损伤,加工工艺流程也比较复杂,所以采用化学变性方法处理的山羊毛在其产品中所占的比例还较低,一般在40%以下。而采用物理变性方法,尤其是通过增加纤维的卷曲数(利用毛纤维的热定形性),可使纤维的卷曲程度得到明显的提高,由其加工

的成品,手感风格、覆盖性能及弹性等都有所改善。

(3) 骆驼毛、绒

骆驼属于哺乳纲骆驼科、反刍家畜。骆驼可分为单峰驼与双峰驼两大类。单峰驼又称南方驼,主要产于热带的荒漠地区,如非洲、阿拉伯国家等地,身上绒层薄,毛短而稀,无纺织价值;双峰驼又称为北方驼,主要分布于温带和亚寒带的荒漠地区,如亚洲北部的沙漠地区,身上绒层厚密,保护毛也较多,因此,它是优良、珍贵的纺织原料,每头年产毛绒可达 4kg 左右。骆驼毛、绒带有天然的杏黄、棕褐等颜色。骆驼毛、绒鳞片很少,而且边缘光滑,所以没有像羊毛一样的缩绒性,不易毡并。绒的平均直径约为 $18\text{ }\mu\text{m}$,平均长度可达 60 mm。我国目前饲养的骆驼主要是双峰驼,总共有 60 万头左右,约占世界双峰驼总量的 $1/3$,年产驼绒 2 000 吨左右,占世界总产量的 20%,是世界上第二大驼绒生产国。

(4) 牦牛毛、绒

牦牛又叫西藏牛、马尾牛,属哺乳纲牛科,反刍家畜,一般生长在海拔 2 100~6 000 m 的高寒地带。牦牛被毛浓密、粗长,内层生有细而短的绒毛,即牦牛绒。其颜色多为黑、深褐或黑白混色,纯白色很少。尾毛蓬生,下腹、肩、股、肋等部位均生长有稠密的长毛。牦牛身强力壮,善于爬山越岭,涉水过河,又有负重远行能力,自古以来就有“高原之舟”的称号。牦牛除亚洲之外,世界其他地区都没有自然分布,主要集中在喜马拉雅山脉和昆仑山脉两麓及其延长地区。目前,全世界拥有牦牛 1 400 余万头,我国约有 1 300 万头,每头成年牦牛年产粗毛为 0.75~1.5kg,年产绒毛平均为 0.5kg。

(5) 马海毛

安哥拉山羊是世界上最优秀、品质最好的毛用山羊品种,属哺乳纲牛科,反刍家畜。国际上通常把安哥拉山羊毛称为马海毛。它以长度长和光泽明亮为主要特征。马海毛原产于土耳其的安哥拉省,目前南非、土耳其和美国为马海毛的三大产地。我国西北地区的中部山羊也有和马海毛相近的品质特征。马海毛的平均直径为 $10\sim90\text{ }\mu\text{m}$,平均长度为 120~150 mm,少卷曲,鳞片扁平,因而具有可贵的丝光,且不易毡缩,纤维的强度和弹性较好,可用于加工高档服装用的织物。

(6) 羊驼毛

羊驼又名骆马、驼羊,属哺乳纲骆驼科家畜。体型比骆驼小,背无肉峰,肩高 0.9 m 左右,耳朵尖长,脸似绵羊,故称“羊驼”。它有骆马、阿尔帕卡、维口纳及干纳柯四个品种,均生长在海拔 4 000 m 左右的高原上,主要分布在南美洲的秘鲁、

玻利维亚及智利等国,大部分已饲养成家畜。秘鲁产羊驼毛最多,占世界总产量的90%左右,几乎全部出口。羊驼毛为粗、细毛混在一起的毛,粗毛长达200 mm,平均直径为150 μm 左右;细毛长50 mm左右,平均直径为20~25 μm 。颜色由浅至深分为白色、浅褐黄、灰、浅棕、棕色、深棕、黑色及杂色8种。其比马海毛更柔软而富有光泽,手感特别滑糯,因产量稀少,极为名贵。

(7)彩色兔毛

彩色长毛兔最早是美国加州的动物专家经过20多年的试验,利用DNA转基因技术培育的新毛兔品种,它是以绒毛为主的品种。彩色兔每年可繁殖4次,每次产仔7只左右,每年,一对种兔和它们所生的仔兔加起来产绒量可以达到4.5kg。法国科学家从普通家兔的“突变兔”中选育出来的彩色兔,其毛皮有黑、白、红灰、黄棕、紫蓝、巧克力色、银灰、米黄等20多种,色彩迷人,绒毛细密,皮极轻薄,质地致密,制成的服装美丽如花,轻柔如棉,保温如鸭绒。

我国自1993年引进彩色兔种以来,经过多年的驯化和选育,在数量和品种方面已取得很大的成绩,如四川省石柱县就培育出13个纯一体天然彩色长毛兔品种,养殖数十万只;浙江省温州养殖场繁殖了数百只彩兔,共有13种颜色;上海市彩兔养殖场引进美国彩兔进行繁殖,并在河南省商丘地区进行了大面积饲养,已形成了相当规模。彩色兔的生活习性和养殖环境条件以及兔毛的结构与性能同白兔没有明显的差异,兔毛的产品开发也大致相同。

彩色长毛兔具有全身统一色泽,并且大多数纤维的毛梢、毛干及毛根分段呈现2~3种不同颜色,混合后纱条颜色具有主体效果和层次感,是极佳的毛纺珍贵原料。色泽天然、柔和的特点使彩色兔毛具有其他天然毛纤维无可比拟的优点,在加工生产中,无需染色就能满足织物对多种色彩的需求,产品的颜色均匀无色差,色泽自然柔和,雅致美观,而且耐水洗、日晒、汗渍而不褪色、沾色。

(8)丝纤维

栽桑养蚕和利用蚕丝织造丝绸是中国古代的伟大发明,具有悠久的历史,我国素有“丝绸之乡”的美誉。1840年后,在蚕丝外销迅猛发展的刺激下,很多非传统植桑养蚕地区向农民发出号召,提倡并颁布栽桑养蚕的奖励政策,甚至还专门成立桑蚕局等机构进行大力推广。清末左宗棠是一位热衷提倡发展蚕丝业的官吏,在1882年任两江总督时,曾从浙江购买大批桑秧,分发给江苏各地种植。在任陕甘总督时,在新疆喀什成立养蚕局,派人长途跋涉赴浙江采购湖桑苗数十万株,运往新疆栽种,同时在浙江招聘蚕工赴喀什进行栽桑养蚕的技术指导工作。各地的官吏纷纷效仿,采用行政命令的方法迫使广大农户推广栽桑养蚕,如四川

的达县知州陈庆门广贴告示,命令家家户户都要在自家宅基周围栽桑。到 19 世纪末 20 世纪初时,蚕桑产区及其产量都有了较大的发展。

机器缫丝业的出现与发展,有力地推动了蚕丝产量的提高,满足了外销迅速增长的需要。1861 年,英商怡和洋行在上海开办了中国第一家机器缫丝厂,时隔 10 年,归国华侨陈启沅在广东南海建立继昌隆缫丝厂。此后,在上海、江苏、浙江和珠江三角洲相继建立了多家机器缫丝厂。传统的手工缫丝的生产方式仍继续存在,并在一定范围内发挥其作用,其中以浙江的嘉兴和湖州地区手工缫制的“辑里丝”质量为最好。据《续文献通考》记载,19 世纪末全国蚕桑分布为:“蚕桑,以江苏、浙江、广东、四川为最盛,次湖北、湖南、江西、安徽、福建、广西。”江苏养蚕区域为苏州、常州、镇江、江宁、松江诸府,南通亦有产额,全省年产茧两三千万斤。浙江以杭州、嘉兴、湖州三府属称极盛,次则绍兴、宁波、金华、台州,年产茧八九千万斤,称全国第一。四川以成都平原为主要,保宁顺庆、崇庆诸属次之,年产茧六七千万斤。广东以珠江三角洲为最多,顺德、南海、番禺等县为其中心地,年产茧七八千万斤。湖北以汉川、沔阳、嘉鱼、当阳、宣都等县为主要,年产茧一千万斤。这一分布情况在整个近代中国基本上无大变化,浙江、广东、四川和江苏是四个主要产茧区,合计产茧量和产丝量占全国 87% 左右。其中,浙江是近代中国蚕丝的最重要产区,主要集中在杭(州)嘉(兴)湖(州)地区,鲜茧产量、生丝产量和生丝出口量均占全国的三分之一左右,以土丝为主。自 1840 年后,广东由于受到外销的刺激,当地农民纷纷将稻田改种桑树,从暮春三月开始养蚕,到深秋还养,所谓“寒造”。主要产地集中在珠江三角洲的顺德、南海和香山三个县,据记载,有桑田 129 万亩,从事蚕丝业人员达 200 万,每年产桑叶 3 300 万担,产蚕茧 44 万担,缫生丝 8.8 万担。四川的产茧区主要集中在嘉陵江流域的重庆、顺庆、潼川、保宁等一带,其次为岷江流域和成都平原,蚕茧大多为自缫土丝。江苏的产茧区主要集中在苏南的太湖之滨和铁路沿线的无锡、武进、吴江、吴县、江阴、宜兴等县。无锡是我国近代蚕丝业最为发达的县份之一,自 1850 年以后逐渐兴起,而丹徒、江浦、江宁、句容、常熟、丹阳等县则是在 1860 年以后才兴起的新产蚕区。

随着养蚕业的兴起和发达,改良蚕种、提高蚕丝质量成为中国蚕丝业发展的主要问题,特别是传统的土种蚕由于蚕病等原因而影响到生丝的产量和质量。1889 年,宁波英国税务司雇员江生金受英国人康发达的派遣去法国蒙伯叶养蚕公院进修半年,专门学习选择无病蚕种的方法。1897 年,清末进士、纺织教育家林启(1839—1900,字迪臣,福建侯官人,同治甲子年举人,光绪丙子年进士,翰林院庶吉士,1896—1900 年任杭州知府)创办杭州蚕学馆,开创了中国现代蚕丝教

育的先河。1898年2月试招学生18名,学习栽桑、养蚕、制丝等课程,学成回国的江生金被聘任为第一任总教习,讲授拣种和育种的新方法。不久,江生金辞职,于是又聘请日本专家轰木长太郎、前岛次郎和西厚德太郎为正副教习,期限三年,教授养蚕、防蚕病、制种新法,并帮助蚕校对浙江的蚕进行征集和选择。此后,杭州蚕学馆一直致力于浙江蚕种的改良。该馆的第四期毕业生史量才于1903年在上海创办了私立女子蚕业学校,改公立后迁到苏州浒墅关建校开学,并更名为江苏省立女子蚕业学校。上述两校在20世纪下半叶改名为杭州丝绸工学院(现今为浙江理工大学)和苏州丝绸工学院(现今为苏州大学),为中国的丝绸业培养了大批人才,有力地推动了中国近代丝绸业的发展。

除了桑蚕丝以外,20世纪后期一些特种蚕丝,如天蚕丝和彩色蚕丝也越来越受到人们的重视。

天蚕丝是由一种叫天蚕的野蚕吐的丝。这种蚕是栖息在柞树上的另一种蚕的家族成员,生长在气候温暖而半湿润的地区,也能适应寒冷气候,能在东北纬 44° 以北寒冷地带自然生息。主要产于中国、日本、朝鲜及俄罗斯的部分地区,年产量只有数十千克,这也是它身价百倍的原因所在。我国天蚕主要分布在黑龙江省,是该省一种得天独厚的资源优势,蕴藏量丰富,是全国天蚕资源比较集中的地区。此外,在长江以南直至亚热带地区的广东、广西、台湾等省区也有少量分布。另外,在河南省商城县境内还发现一种名叫龙载的天蚕,它吐彩丝,有绿、黄、白、红、褐五种颜色,为多层结彩,纤维细度为1.39 dtex,干断裂伸长达45%左右。在野生环境中一般于5月孵化,7月营茧,化蛹后的20天羽化交尾产卵,以卵越冬。由于受到蚕蝇和鸟的侵害,无论是野生或人工放养天蚕,其存活都有一定的难度。我国广大科技工作者经过多年的筚路蓝缕,精心研究,不仅摸清了天蚕的结构和习性,而且摸索出一系列的饲养方法,并于1988年成功地将天蚕引入江南落户,由以前单靠收集野生天蚕茧的阶段跨入了人工饲养的崭新阶段,为我国发展天蚕饲养业创造了条件。天蚕的饲养虽比柞蚕困难,但天蚕茧缂丝却比柞蚕茧容易。天蚕的幼虫呈淡绿色,成熟时吐出的丝也是绿色的(也有浅黄、红黄、红褐、红灰色)。天蚕丝富有光泽,色泽鲜艳,质地轻柔,具有较强的拉力和韧性,质量好于桑蚕丝和柞蚕丝,且无折痕,不用染色就能保持天然的绿宝石颜色,故享有“钻石纤维”和“金丝”之美称,非常珍贵,价格昂贵,高于桑蚕丝、柞蚕丝近百倍(每千克售价约5 000美元)。采用天蚕丝制作的晚礼服,在华灯的照耀下犹如珠翠满身,使穿着者显得格外雍容华贵。

彩蚕丝是家蚕经过人工培育而成的彩色家蚕吐的丝。它是利用家蚕天然有

茧的基因资源,采用各种新的育种方法,选育出前所未有的天然彩色实用茧品种系列。目前已培育出能够吐丝结茧的绢丝昆虫 20 多种,其中就有五颜六色的天然彩色茧,其色调柔和,高雅华贵,有些颜色甚至还是目前染色工艺难以模拟的。

在我国桑蚕品种资源中,彩色茧的品种很多,主要有巴陵黄、碧连、绵阳红、大造、安康四号等,彩色蚕茧可分为黄红茧丝系和绿色茧丝系两大类。黄红茧丝系包括淡黄、金黄、肉色、蒿色、锈色等;绿色茧丝系包括竹绿(淡绿)和绿色两种。黄红茧丝系的茧丝颜色来自桑叶中的类胡萝卜素(β -胡萝卜素、新生 β -胡萝卜素)和黄素类色素(叶黄素、蒲公英黄素、紫黄质、次黄嘌呤黄质)。绿色茧丝系的彩丝色主要为黄酮色素,在中肠和血液中合成。这些色素需从消化管中进入血液,又从血液中进入绢丝腺才会着色,所以茧丝颜色的深浅不仅与色素的成分和含量有关,还受到消化管与绢丝管壁的渗透性影响,即受到蚕体基因的控制。

家蚕吐彩色丝的特性是由遗传基因决定的,它们所吃的饲料与吐白丝的普通家蚕都是同样的桑叶,但是吐彩色丝的家蚕具有特殊基因,可以利用桑叶中的类胡萝卜素、叶黄素及类色素等形成不同颜色的茧丝。我国培育的系列有色丝蚕品种,除能吐有色丝的特性外,其杂交种与吐普通丝的家蚕品种相比较,在生长发育过程、体质强健性、蚕茧产量、茧丝质量等诸方面都比较接近,在饲养技术上也沒有特殊的要求。天然彩色蚕丝具有以下一些优点:①色彩丰富而鲜艳,可以开发多样化品种,适应社会多元化和个性化发展的需要。它的遗传受主基因控制,使其彩色茧丝的特性能够固定下来,这为育种和生产创造了良好的条件。②天然彩色蚕丝具有很好的吸收紫外线的能力,比白色蚕丝具有更好的抗菌效果。用紫外线长时间照射蚕茧,茧内的蛹体发育和羽化的蚕娥及其后代发育正常。桑蚕丝对于易诱发基因突变、导致皮肤癌等癌变的 280 nm 波长左右的紫外线(UV-B)具有很好的遮蔽和吸收作用,UV-B 的透过率不足 0.5%,故用彩色蚕丝制作的衣服和化妆品可以有效地避免紫外线的晒伤。③彩色蚕丝具有一定的抗氧化功能,它分解自由基的能力远高于白色蚕丝,其中绿色丝的效果最好,能分解 90%左右的自由基,黄色丝也具有 50%的分解功能,白色丝只有 30%的分解功能。

(二)化学纤维

化学纤维是受到蚕宝宝吐丝的启发而利用仿生学的原理制成的,它是利用天然的或人工合成的高聚物为原料,经过化学处理与机械加工而制得的纤维。

在化学纤维中,最早问世的是碳纤维,它是将原料纤维在一定的张力、温度下,经过一定时间的预氧化、碳化和石墨化处理等过程制成的。碳纤维是由美国发明家爱迪生于1880年研制成功的。他利用碳化竹线和棉纤维制得一种多孔的无机碳,用作电灯丝。到20世纪50年代时,随着空间技术的发展,需要有优良的结构材料,许多工业发达国家开始重视碳纤维的研究,美国为寻找制造火箭的绝热材料而研制出第一代碳纤维织物。1960年,英国发展研究公司申请了用聚丙烯腈制作碳纤维的专利,之后其他一些公司也相继提出了用树脂、人造丝生产碳纤维的专利。到20世纪60年代,碳纤维的研究获得了迅速发展。1981年,世界碳纤维产量约为1500吨,日本的产量占50%以上。碳纤维具有许多优良的物理和化学性能,其中最为突出的优良性能是高模量、高强度,超过一般增强纤维,它与树脂形成的复合材料,其模量和强度比钢和铝合金还要高出3倍左右,因而应用在宇宙飞船、导弹和飞机上可显著减轻重量,提高有效载荷,改善性能,是航天工业的重要结构材料。

1833年,法国药物化学家泰奥菲尔·朱尔·佩卢兹和亨利·布拉康纳特首先研制成硝酸纤维素,但直到1847年德国人克里斯琴·弗里德里斯·申拜恩研制出火棉(火棉是一种具有易爆特性的硝酸棉)以后,硝酸纤维素才投入工业生产。1878年,法国化学家德贝尔尼戈·夏尔多内开始进行再生纤维(人造纤维)的研究,并于1884年成功取得了用硝酸纤维素制造再生纤维的专利权,后又经过多年的研究,解决了再生纤维(人造纤维)的易燃问题。1891年他在贝桑松建立了世界上第一家人造丝厂。人造丝的发明引起了人们的普遍关注,尽管其质量与天然丝相差甚远,价格昂贵,但在当时还是受到消费者的欢迎。1900年,有7个国家建立了夏尔多内人造丝厂,年产量达到1000吨。1919年,夏尔多内被评为科学院院士,被誉为“人造丝工业之父”。

1869年,法国巴黎大学医学博士、化学实验室副主任保罗·舒曾贝尔格使用醋酐与纤维素发生化学作用,制成了醋酸纤维素。1884年,英国人查尔斯·克劳斯和爱德华·贝文申请了第一个醋酸纤维的工业生产专利。1921年,爱德华·贝文为一种醋脂人造纤维制造方法申请了专利。醋酯纤维是以纤维素为原料,经化学方法转化成醋酯纤维素酯制成的化学纤维。根据纤维素大分子上羟基被乙酰基取代程度的不同,有二醋酯纤维和三醋酯纤维两种。目前,美、意、日等国都在生产醋酯纤维,全世界年产量约80万吨,约80%以上用于香烟过滤嘴,用于纺织生产的醋酯长丝不到10万吨。我国年产醋酯纤维约12万吨,基本上都用于制作香烟过滤嘴,纺织用的醋酯纤维主要靠进口。

1890年,法国L. H. 德佩西发明了铜氨法人造丝(铜氨纤维)生产工艺,将纤维素溶解于铜氨溶液中制成黏稠溶液,然后以水为凝固浴纺成纤维,并于1891年开始工业化生产。铜氨纤维属于再生人造纤维,在整个再生纤维的生产中所占的比重很小。制造铜氨纤维的主要原料是棉短绒或高聚合度的木材浆粕、铜及氨等。由于棉短绒产量有限,铜的用途也较广泛,而氨只有在无机合成工业发达的地区可大量供应,使得制造铜氨纤维的主要原料受到一定的限制,所以铜氨纤维的产量较少。铜氨人造丝的性能比黏胶人造丝优良,可以制成非常细的纤维,适宜于制作高级丝织品。用其生产的中空纤维可用于制作人工肾脏透析器的滤材,此外,在纤维的生产过程中,不会产生像黏胶人造丝那样的有毒气体。

1891年,英国人查尔斯·克劳斯申请了制造黏胶纤维素(黄酸纤维素)的第一个专利。黏胶纤维素是制造黏胶纤维的基本原料,它是通过二硫化碳作用于氢氧化钠处理过的纤维素而制得的,克劳斯和欧内斯特·贝文合作研究,于1894年发明了黏胶纤维。将废棉料浸泡在苛性碱里制成纤维素溶液,然后在二硫化碳中抽纺出黏胶纤维,这也是目前广泛使用的制造方法。1905年,黏胶人造丝开始工业化生产。1936年,人们将黏胶纤维改称为人造纤维。

1924年,德国人P. H. 赫尔爱和黑内尔最早合成聚乙烯醇。到20世纪30年代,德国制成维尼纶纤维,名为津托菲尔,这种纤维遇到水后就会融化掉,人们不敢将其制成衣服。但在二次世界大战中,用它制成的水雷降落伞可以在飞机布雷时使用,当降落伞一遇到水时就会很快溶化消失掉,以避免敌方发现。当时的维尼纶纤维主要用作外科手术缝合线。直到1938年,日本樱田一郎等人研制成功聚乙烯醇的热处理和缩醛化方法,才使聚乙烯醇纤维成为耐热耐水性良好的纤维。

1928年,英国皇家化学工业公司(ICI)经过一系列的研究,用高压的方法制成乙烯聚合物,并于1933年合成了一种高分子化合物。之后又研制出了一台能连续生产低密度聚乙烯(LDPE)的机器,用于生产低密度聚乙烯。1950年,英国皇家化学工业公司开始商业性生产聚乙烯产品——丙纶(特丽伦)。1954年,德国化学家卡尔·齐格勒研究成功高密度聚乙烯(HDPE)的制取方法。

自1928年起,美国化学家华莱士·休谟·卡罗瑟斯在杜邦公司实验室主持一项高分子研究,用聚合的方法测定了高分子量物质的结构和组成,这一研究使他在1930年发明了聚酰胺,从而奠定了合成纤维工业的基础。聚酰胺是由氨基酸或二元酸与二元胺经缩聚反应而获得的高分子聚合物。聚酰胺具有抗张力、抗冲击、强度高、耐磨性好等优良性能,主要用于制造纺织纤维及各种

日用品等。

1931年,德国教授克拉特申请了制造聚氯乙烯的第一个专利。他使乙炔与盐酸发生反应,产生一种有醚气味的气体——氯乙烯。使用乳化剂和水加压、加温至 50°C 时,氯乙烯即可聚合为一种具有热塑性的固体。所得到的聚氯乙烯是一种塑料。聚氯乙烯化学性能稳定,尤其是它对各种填料、增塑剂和催化剂具有良好的可溶性,使其产品有广泛的用途,例如,硬质PVC可用于制造膜片、容器、导管、叶轮、叶片等,软质PVC可用于制造胶片、地膜、织物涂料、电缆保护套层以及纺织纤维等。自1931年起,法尔本公司重新利用克拉特的专利,试制出普克纤维。1941年,法国人雅克·科比埃在罗达西塔工厂开始生产聚氯乙烯纤维,法国商品名为罗维尔。

1935年,美国化学家华莱士·休漠·卡罗瑟斯又用己二胺、己二酸合成聚酰胺66,两年后又发明了用熔融法制造聚酰胺66的技术。聚酰胺66的商品名为尼龙(Nylon),1938年公开发表专利,并正式投入工业化生产。同年,德国化学家P.施拉克发明了聚酰胺6制造技术,商品名为贝纶,并于1940年1月开始工业化生产。

1938年,美国杜邦公司工程师罗伊·普隆克特偶然发现了四氟乙烯聚合物。据说,有一次普隆克特把气化的四氟乙烯贮放在钢瓶中,数天后,他想取出一些气体使用时,却怎么也取不出来,于是他把钢瓶锯开,结果发现里面的气体已经变成了白色粉末,原来的气体已经聚合了。这种氟化碳的聚合物就是以后用于制造聚四氟乙烯纤维的原料。聚四氟乙烯纤维在英国称为“氟纶”(Fluon),在法国称为“特氟纶”(Teflon)。特氟纶于1939年获得专利,1954年开始进行商业性生产。该纤维的特点是耐各种酸的腐蚀,具有优良的稳定性、介电性(绝缘性)、耐气候性、耐酸碱性、耐氧化性、耐磨性和抗辐射性,所以多用于制造耐腐蚀导管、无线电发射机绝缘装置和各种泵的密封垫圈等。

美国化学家卡罗瑟斯是研究人工合成聚酯的第一人。在他之后,1914年英国的J. R. 温菲尔德和J. T. 迪克森以对苯二甲酸和乙二醇为原料,在实验室里首先研究成功聚酯纤维,并命名为特丽纶(Terylene),1950年开始工业化生产。1953年美国杜邦公司开始生产商品名为达可纶(Dacron)的聚酯纤维。聚酯纤维具有优良的耐皱性、弹性和尺寸稳定性,有良好的电绝缘性、耐日光性、耐磨性,不霉不蛀,有优良的耐化学试剂性,耐弱酸弱碱,得到了广泛的使用,在世界各国得到迅速发展。1960年,聚酯纤维的世界产量超过聚丙烯腈纤维,1972年又超过聚酰胺纤维,成为合成纤维之首。目前,中国聚酯纤维的产量居世界之首。

1941年和1942年,美国杜邦公司化学家和德国拜耳公司化学家分别发明了丙烯腈溶剂。数年之后,他们又解决了丙烯腈的纺丝工艺问题。第二次世界大战后,丙烯腈成为有机化学用量最大的中间产品。它的出现使丙烯酸树脂和聚丙烯酸合成纤维这两类产品的工业化生产得到了飞速的发展。丙烯酸纤维具有良好的纺织性能和抗虫蚀性能,广泛用于制作服装和毛毯。1953年,杜邦公司实现了奥纶(腈纶)商品化。1954年,拜耳公司也推出了新产品德拉纶。1949年,法国罗地雅西塔公司研制成功丙烯纤维(Crylor)并于1956年投放市场。同年,英国科托兹(Courtanlds)公司开始生产“科特尔特”(Courtelle)纤维产品。

1957年,日本钟渊公司开发成功阻燃纤维“卡耐卡纶”,这是一种聚丙烯腈系纤维,属于改性聚丙烯腈纤维。卡耐卡纶纤维的材料本身具有强烈的自熄性,均符合现行的各种防燃标准,而无需阻燃后处理,且具有耐洗的性能。钟渊公司已开发出普通纱、特殊纱、有光丝(SRB型)、半光丝(SR型)、原液着色丝(KCD型)、酸性染料可染丝(AOF型)、全消光扁平丝(RCL型)、光泽纤维(SE型)等产品,被广泛用于衣料、窗帘、玩具、假发等。

1958年,美国杜邦公司的研究人员发明了氨纶,又称聚醚酯弹性纤维。它是以对苯二甲酸二甲酯/1,4-丁二醇与分子量为1000~2000的聚四氢呋喃二醇进行熔融缩聚制得的聚醚酯弹性体,再通过常规的熔纺工艺制成聚醚酯弹性纤维。这种大分子主链中聚醚链段和聚酯链段交替出现的弹性纤维,最大特性是具有特别优良的弹性。一般在其弹性范围6倍的情况下,回弹率可达到90%,人们称其为“能伸能屈”的纤维,而且手感柔软,吸湿性能好,这是其他合成纤维所望尘莫及的。用氨纶织物做体操、游泳、滑雪运动员的服装,不仅穿着舒适,有助于竞技,而且能展现人体的曲线美,备受妇女的青睐。目前,世界上有数十家工厂生产氨纶,我国也有几家,1980年世界年产量为两万吨左右。

1748年,法国科学家阿布尔·诺莱特第一次发现渗透现象,当时所用的是天然生物膜。在20世纪30年代,多布里第一次把纤维素及其衍生物的膜用于超滤。20世纪50年代,美国学者哈斯首先提出用渗透膜来进行海水淡化的设想。后来这种方法被美国政府纳入开发计划,所以膜分离技术的应用首先是从海水脱盐开始研究的。1958年,索里拉金用醋酸纤维素膜首次得到数毫升的淡水。1960年8月23日,洛夫和索里拉金制成了世界上第一张高脱盐率、高水通量的醋酯纤维膜,这为膜的分离技术的工业化应用奠定了基础。之后,膜的分离技术得到了迅速的发展,美国、日本又相继研究出中空纤维膜和复合纤维膜,在20世纪中期逐步形成工业生产规模,并开始应用于海水淡化、环保食品、医药、化工、军

工业领域,其发展前景非常广阔。

1963年,日本维尼纶有限公司研制成功并投放市场的水溶性纤维“索尔夫隆”(Solvron),采用水溶性高聚物纺丝制得。为了使纤维具有除水溶性之外的特性,尤其是物理性能,选择高聚物的种类至关重要,在这方面PVA最为合适。日本维尼纶有限公司就是采用PVA进行干法纺丝制得。它是世界上唯一用干法纺丝制取水溶性长丝的发明制造商,生产的水溶性长丝有复丝和单丝两种,目前我国也有生产。因它的特殊性能,主要用于丝绸纺绣花边底布及针织短袜、毛毡等。自1975年后,用于毛巾以及作为伴纺纤维生产高支轻薄织物。

1867年,日本兴人公司在世界上首先采用乳液纺丝方法制得阻燃性合成纤维,并实现工业化生产,其商品名为柯台纶阻燃纤维(Cordelan),属于聚氯乙烯醇一类的纤维。该纤维的主要成分是聚乙烯醇,并含有一部分接枝共聚物。纤维本身具有阻燃性,且燃烧时产生的烟和气体几乎没有什么毒气,纤维具有羊毛般的柔软手感和一定的吸收性,耐磨性和染色性能均较好。

1972年,日本帝人公司利用自己的技术发明了阻燃聚酯纤维艾克斯达,它是通过在聚合时加入少量的特种磷脂系阻燃剂而制得的一种促使熔滴的阻燃纤维。这种阻燃纤维既保持了普通聚酯纤维的尺寸稳定性、耐洗、耐热等优良性能,还有比普通聚酯纤维更好的白度和染色性,又具有优良的阻燃性,符合日本消防法规和其他国家的纺织品阻燃标准。

1980年,日本聚合物和纺织研究院与一个专门生产合成纤维的公司(Nitvy)一起,共同研究成功一种高离子交换纤维。生产这种纤维,首先将聚乙烯醇与催化剂接触,这样形成的纤维,其直径为 $5\sim 20\mu\text{m}$,再将纤维焦化以增加含碳量,然后将各种离子基引入纤维的化学结构中。这种纺丝方法的关键部分是聚乙烯醇纤维的焦化。由这种方法纺制的纤维的接触面积相当于现在所用的黏状离子交换树脂的20倍左右,因此可以按比阻在更高的速度和更大的规模上进行离子交换。这种新产品可用于生产核动力反应堆所需的软水以及从海水中回收铀和锂。

自20世纪70年代以来,化纤工业发展非常迅速,在世纪之交,全世界的化纤产量已经超过天然纤维的产量,其主要原因是:①由于科学技术的发展,化纤的生产成本不断降低,纤维的质量不断提高,而且在强度、模量、耐高温等性能方面超过了天然纤维,有更广阔的应用领域。②制造化纤的原料十分丰富。人造纤维是以天然高聚物为原料,经过化学处理与机械加工而再生制得的纤维,故人造纤维又称再生纤维,它们都是利用自然界存在的含有纤维素或蛋白质的物质,如棉短绒、木材、甘蔗渣、芦苇以及大豆、花生等;合成纤维则是利用石油、天然气、煤中的

低分子为原料,经化学合成与机械加工而制得的纤维。

制造化纤丝的常用方法主要有溶体纺丝法和溶液纺丝法两种。前者是使熔融的成纤高聚物熔体从喷丝头细孔中喷出,在周围空气(或水)中冷却凝成丝的方法。后者又可分为湿法纺丝和干法纺丝。所谓湿法纺丝就是将纺丝液从喷丝头中喷出后,在液体凝固剂中因溶剂扩散和凝固剂渗透而固化成丝的方法。而干法纺丝是将纺丝液从喷丝头中喷出后,在热空气中因溶剂迅速挥发而凝固成丝的方法。近些年来,在上述常用纺丝方法的基础上,还发展了一些新型的纺丝方法,主要有:①复合纺丝。将两种不同的纺丝熔体或溶液从同一喷丝孔中同时喷出,凝固后成为复合纤维。②混合纺丝,即混抽法纺丝。把两种或两种以上高聚物按规定比例充分混合以后进行熔融或溶解成纺丝液,纺成的丝具有混合组分。③熔(溶)喷纺丝。采用熔体或干法纺丝溶液进行纺丝,纺丝成形时采用高速高温气体喷吹,并进行高倍拉伸,能制得纤维直径为 $0.5\sim 3\text{ }\mu\text{m}$ 的超细纤维。④异形纤维纺丝。彩用改变喷丝孔的形状,纺制出各种不同形状(三角形、星形、中空形、支形、多叶形、Y形等)的纤维,以得到不同光泽、手感和保暖性等特殊性状。⑤有色纺丝。将染料直接加入高聚物中制备有色高聚物或在纺丝之前加入纺丝液中,从而得到有色纤维。⑥干喷湿法纺丝。纺丝液从喷丝孔垂直向下喷出,先通过一段空气层,然后进入液体凝固浴中凝固成丝。由于纺丝所得初生纤维的物理机械性能很差,无法进行纺织加工,故还需对初生纤维进行拉伸、热定形等后加工,以提高纤维的物理机械性能和尺寸稳定性。

合成纤维的生产是在 20 世纪 30 年代中期开始的,当时采用了几种碳链类成纤高聚物,将其溶液用干法或湿法纺丝制成纤维。其纤维品种主要有涤纶(聚酯纤维)、锦纶(聚酰胺纤维)和腈纶(聚丙烯腈纤维),其次是丙纶(聚丙烯纤维)、维纶(聚乙烯醇纤维)和氯纶(聚氯乙烯纤维)。它们为纺织工业的发展提供了大量的原料,这是第一代合成纤维。随着科学技术的发展,为满足国防工业、航空航天、交通运输、医疗卫生、海洋水产、信息工程、生物工程的迫切需要,从 1956 年开始,化纤工业进入了所谓“分子工程”阶段,第二代合成纤维(改性纤维)宣告诞生。从 1960 年开始发展特种纤维(具有非常优异的耐高温、难燃、高强度、高模量等性能),在一定程度上满足了各产业部门的特殊需要。但是,对一些性能要求特别高的特种纤维,如超高分子量聚乙烯(UHMW-PE)和凯夫拉(Kevlar)纤维仅采用常规的纺丝工艺和方法是无法生产的。科学家经过长期研究试验,发明了技术含量相当高的凝胶纺丝法和液晶纺丝法,解决了特种纤维的生产难题。常规的合成纤维纺丝速度低、产量低、成本高,这不仅影响到化纤工业自身的发展,而且也满足

不了纺织工业对化纤的需求。因此,提高纺丝速度成了关键性问题。由于不断地采用高新技术,纺丝速度逐步提高,从20世纪50年代初的 $500\sim 1\,000\text{ m/min}$ 稳步提高到60年代的 $1\,000\sim 2\,000\text{ m/min}$ 、70年代的 $3\,000\sim 4\,000\text{ m/min}$ 、80年代的 $6\,000\text{ m/min}$,到90年代已达到 $8\,000\sim 10\,000\text{ m/min}$ 。目前,高速纺丝已成为熔融纺丝的主体。凝胶纺丝、液晶纺丝和高速纺丝都是高新技术在化纤工业中应用的结果。随着高新技术的进一步发展,化纤工业将会得到更大的发展。

近年来,科学技术的高速发展为化纤机械的发展提供了技术基础。制造厂商有极强的市场观念,非常重视并密切注意本企业产品下游用户的需求变化,纷纷推出连续化、短流程、自动化程度较高的高速纺丝拉伸联合机(如图2-1所示)、拉伸整经上浆联合机(如图2-2所示)等新型化纤机械。

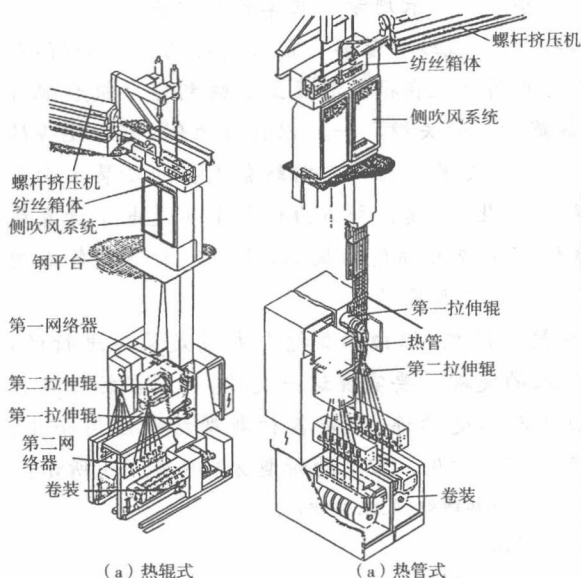


图 2-1 巴马格公司的高速纺丝拉伸联合机示意图

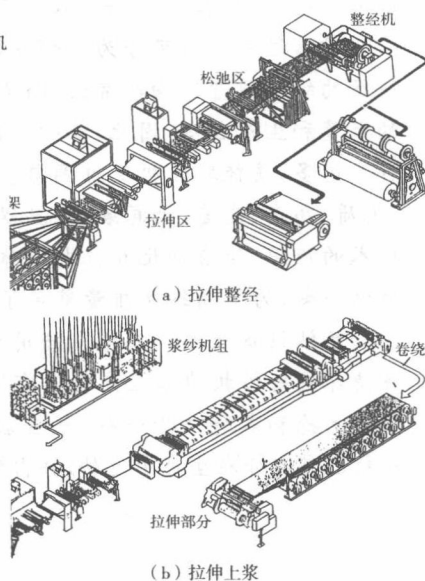


图 2-2 拉伸整经上浆联合机示意图

三、纺纱技术

纺纱是把许多纤维捻在一起纺成纱或线的工艺过程,这些纱或线可用来织成布。棉、麻、毛等天然纤维的纺纱工艺流程和设备不尽相同,化学纤维的纯纺、混纺大多也采用相近的工艺,只是在一些工序上采用专用的工艺和设备。

纺纱过程一般可分为3部分,即前纺、成纱和后纺。前纺设备的性能如何,对所纺的纱线质量影响非常大,而速度的高低又在很大程度上影响到整个机台配置的数量和生产成本,因此,前纺设备是纺纱的关键之一。以棉纺为例,前纺设备的种类很多,清梳联合机及自调匀整装置只是其中之一。前纺新设备的发展方向是“优质、高产、高速、大卷装、短流程、自动化、连续化和省力化”,尤其是电子计算机技术的应用,使自动化和机电一体化有了较大幅度的提高,从而使前纺设备面貌焕然一新,为提高纱线质量奠定了可靠的技术基础。

纺纱设备长期以来主要采用环锭纺纱机,但由于加捻与卷绕是同时进行的,致使环锭纺纱机难以在产量上有惊人的突破。要实现这一突破,必须在纺纱过程中使加捻和卷绕分开进行,相互独立而不受牵连,于是各种新型纺纱应运而生。目前已有部分在生产中运转,并占到一定的比例。常见的新型纺纱分类如下所示:



新型纺纱正式投入工业化生产已有 50 多年的历史了,发展速度很快,尤其是转杯纺纱,在纺纱设备中所占的比例越来越高。新型纺纱所以能获得如此发展速度,与它的突出优点是分不开的。综合起来,它具有高速高产(或低速高产)、大卷装、短流程、使用原料范围广、纱线条干均匀等优点。

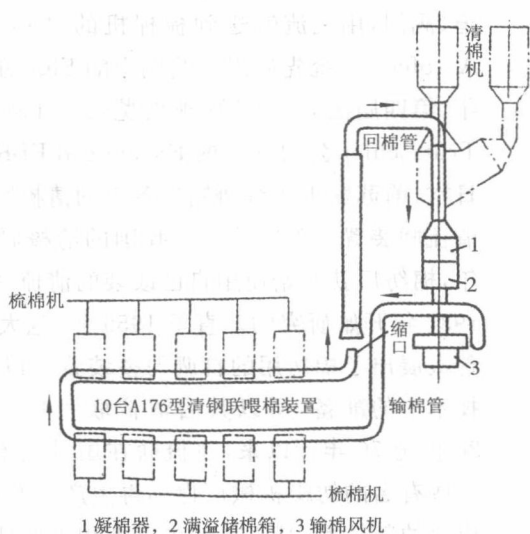
后纺是指细纱工序以后的各种加工设备,其任务是改善产品的外观质量、改变产品的内在性能,稳定产品的结构状态和制成适当的卷装形式,对纱线质量起着提高和把关的作用。后纺设备的发展方向主要是“优质、高速、高产、大卷装、自动化操作、短流程、连续化和自动化运输”等。全自动络筒机、倍捻机、工业机器人以及电子清纱器和纱线捻接器的出现与应用,大大改变了后纺加工设备的面貌,加工出高质量的纱线,满足了织造的要求。

(一)前纺技术

前纺是纺纱的准备工序,包括对纤维原料的开松、除杂、梳理、精梳、併合、牵伸与成条。有的准备工序中还包括加油剂,以消除静电对加工过程产生不利影响,为顺利纺纱提供方便,以确保成纱质量和条干均匀度。

1. 清梳联合机

清梳联合机俗称清钢联。清梳联工艺过程如图 2-3 所示,它是当代棉纺技术的一项重要发展,是将原来开清棉机对棉流的加压、成卷、落卷、堆放、搬运以及梳棉机的上卷、换卷、退卷、搭接头等一系列人工操作,改为开清棉机的棉流经过梳棉管道和连接棉箱直接喂入梳棉机,将原棉在开清棉机中的开松——紧压——喂入梳棉机再开松的间歇加工工艺,改为连续开松的加工工艺。这样,对后续工作有利,能充分发挥梳棉机的除尘、梳理、均匀混合等作用,同时消除了退卷粘层、破卷和换卷搭头不良等状况,有利于提高生条和成



2-3 清梳联工艺过程

纱质量、减少回花,并取消了落卷、运卷和换卷等操作,有利于降低劳动强度、减少人员、提高劳动生产率,以及适应高产、超高产梳棉机和加工化纤的需要,取消棉卷堆放,有利于节省车间生产面积。采用清梳工序的直接连接,有利于缩短工艺流程,为纺纱工艺实现自动化、连续化生产迈出了重要的一步。

清梳联合方案的提出,最早可追溯到 1924 年。当时的梳棉机还是采用弹性针布,台时产量也只有 1.5~3 kg,是开清棉机产量的 1%~2%,加之自调匀整装置尚未在梳棉机上得到应用,因此采用清梳联的条件还不具备,只是一种理想而已。直到 20 世纪 50 年代,梳棉机才开始采用金属针布替代弹性针布,应用范围由粗支纱发展到细支纱。金属针布的研制成功并得到应用与推广,为梳棉机的高速高产创造了条件。随后,梳棉机经过多次更新换代,台时产量由早期的 1.5~3 kg 提高到 20 世纪 50 年代的 6~10 kg,20 世纪 70 年代的 16~35 kg,20 世纪 80 年代又进一步提高到 50~100 kg。自 20 世纪 60 年代以来,历经 50 多年的发展,特别是 20 世纪 90 年代以来,由于电子计算机技术、传感技术、变频调速技术的应用,清梳联不仅实现了各单机之间的联合及自动化,而且实现了精密的自动监控系统,清梳联日趋成熟,成为实现纺纱工序的连续化、有效提高劳动生产率、改善产品质量、降低能耗、保护环境的一项先进技术,并呈现以下发展趋势:开清棉短流程化;梳棉机高产高速化;在线自动监测监控技术及异性纤维与杂物自动检测清除系统。

梳棉机产量的不断提高,为清梳联的出现提供了可靠的基础。瑞士立达(Rieter)公司于 1957 年开始研制清梳联合机,采用一种类似于清棉配棉系统的间道、阀门,用气流输送到梳棉机的 Aerofeed 系统。1962 年,立达公司将第一批 Aerofeed 系统先后提供给瑞士的 Figi 纺纱厂和美国的 Gratex 纺纱厂使用。1963 年,第四届国际纺织机械展览会(ITMA)首次展出了清梳联装置;同年,德国 Trützschler 公司开发的 Exactafeed FBK 棉箱也正式投入市场。与此同时,德国、日本、前苏联也相继研制出各自的清梳联设备。实际上,日本在 1960 年就开始把清梳联装置用于纺纱厂。我国的清梳联设备的研制工作起步也不晚,早在 1958 年,棉纺厂就开始使用自己改装的清梳联设备。自调匀整装置是由英国人雷伯于 1937 年开始研究的。直至 1959 年,意大利米兰第三届国际纺织机械展览会上才首次展出了棉纺用的自调匀整装置。以上这些都为清梳联合机的应用作了基础技术上的准备,所以其后清梳联飞速发展和广泛应用是顺理成章的事情。自 20 世纪 70 年代以来,清梳联在国外已有了较大的发展,普及率早已超过 50%。一些有名的纺织机械厂也不再生产成卷机,清梳联已成为国际纺织界公认的一项成熟的新技术,其工艺的先进性和重要性已为大家所接受。世界上生产清梳联较为有名的机械制造厂有瑞士的立达(Rieter)公司,德国的特吕茨施勒尔

(Trützschler)公司、意大利的马佐利(Marzoli)公司和英国的克罗斯罗尔(Cros-rol)公司及泼拉脱(Platt)公司等,其中以前两家最为有名。

在 20 世纪 60 年代清梳联合机出现不久,国际纺织界曾掀起过一阵棉纺连续化、自动化热潮。如日本东洋纺的 CAS、大和纺的 DASS、丰田的 TAS、日东纺的 NASS、吴羽纺的 KASS、仓敷纺的 KATS 等生产线,美国 TMM 公司和 Saco-Lowell 公司的连续生产线,英国的 Platt 公司,瑞士 Rieter 公司的 Aerofeed 系统,法国 SACM 公司及前苏联等 10 余条连续化、自动化生产线,大都以清梳并联为主体,配备后部工艺设备而形成棉纺连续化、自动化生产线。我国也于 1975 年由石家庄纺织研究所进行试验,并于 1978 年试车投产。总的来看,清梳并联合机具有回花少、制成率高、节省人力、劳动负荷轻、占地省等优越性,但产品重量不匀率波动大,支数偏差难以掌握。相对而言,清梳联的技术与设备已经成熟,要解决梳并联的难度要大于清梳联。把梳棉机与并条机直接连接,必须具备三个先决条件:一是并条机必须进一步高速化,以适应梳棉机的高速,保持前后产量的平衡。例如,并条机出条速度必须达到 600 m/min 以上,否则势必压低梳棉机的产量或减少连接台数而影响并合效果和减少经济效益。二是并条机要有变速机构,即附有自调匀整装置,以适应质量上的要求和保证机台效率稳定。三是要解决梳棉机的出条速度、棉条输送速度和并条机喂入棉条速度之间的一致性,即同步问题。为了达到同步的目的,使每台梳棉机生产的棉条由各自的卫星圈条器(即圈条斜管既有自转、又有公转的圈条机构)圈入 U 形储棉管中,亦即每台梳棉机并不是直接将棉条送到共同的输送装置,而是先将棉条积储在 U 形储棉管中,然后由 U 形储棉管的另一端将棉条送到共同的输送装置。因此,U 形储棉管起到了均匀梳棉机的不同出条速度以及连续稳定地喂给并条机的目的。以达到同步的目的。只有以上三个问题得到了完满的解决,清梳并联合实际应用就成为现实。

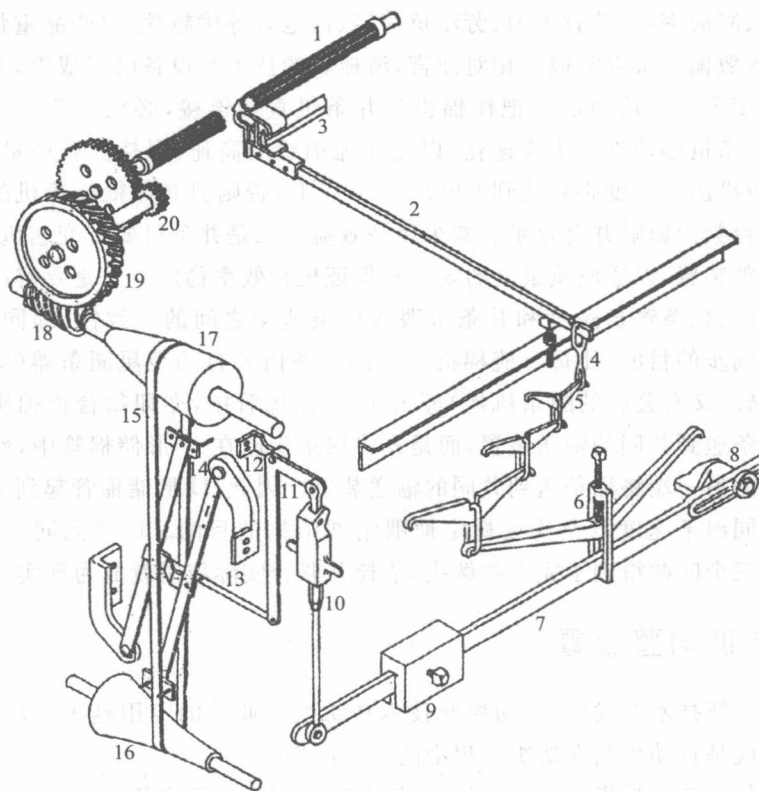
2. 自调匀整装置

随着高新技术的发展,自动控制技术在纺织工业中的应用越来越广泛,自调匀整装置就是自动控制在纺织工程中的具体应用。

自调匀整装置是指在纺纱过程中,根据喂入或输出纤维条重量与额定值的差异,自动地调节牵伸倍数,使输出纤维条达到标准重量的装置,它可应用于罗拉牵伸过程、针梳牵伸过程和梳理过程。

1884 年,美国人阿叟顿取得了清棉机上的洋琴装置(天平调节装置,图 2-4)研究成果,这是最原始的自调匀整装置。1914 年,爱尔兰人埃维斯发明了带延迟机构的比较完善的机械式自调匀整装置,与现在的机械式自调匀整装置极为相

似。1937年,英国人雷伯开始对自调匀整装置进行研究,于1945年取得了突破性进展,在1953年的英国曼彻斯特国际纺织机械展览会和1955年的布鲁塞尔第二届国际纺织机械博览会上展出了其发明的自调匀整装置,引起了纺织界的普遍关注和兴趣,并在精梳毛纺中得到了应用。在1959年意大利米兰第三届国际纺织机械展览会上首次展出了棉纺用的自调匀整装置。其中,有瑞士格拉夫(Graf)公司制造的用于梳棉机的自调匀整装置;有瑞士乌斯特(Uster)公司和美国的萨克洛威尔(Saco-Lowell)公司协作制造的用于并条机以及绢纺和麻纺针梳机的自调匀整装置。自此以后,自调匀整装置在棉纺设备中得到了应用,使清梳联合机用于生产成为可能,并为清梳并联合机的应用奠定了技术基础。



1天平罗拉, 2天平杆, 3刀口支架, 4、5连杆, 6总连杆, 7平衡杠杆, 8支点, 9平衡重锤, 10调节螺丝杆, 11双臂杠杆, 12支点, 13连杆, 14皮带叉, 15铁炮皮带, 16主动铁炮, 17被动铁炮, 18蜗杆, 19蜗轮, 20齿轮

图 2-4 天平调节装置示意图

自调匀整装置按结构形式可分为纯机械式、纯电气式及综合式;按牵伸调节方式可分为后罗拉变速式和前罗拉变速式。虽然自调匀整装置形式很多,但其组

成基本相同。下面以开环系统的自调匀整装置(图 2-5)为例来说明。



图 2-5 开环系统的自调匀整装置方框图

该装置一般由四部分组成：①检测放大机构。为了能采用改变牵伸倍数的方法来校正输出纤维条的定量，检测机构对喂入的纤维条进行厚度测量，获得能够反映厚度微小变化的某种信号(位移、电压等)，然后将其放大。测量的方法有厚度测量法、光电测量法、电容测量法、核辐射测量法等。其中运用最普遍的是凹凸沟槽罗拉机械式厚度测量法。凹罗拉在固定位置上回转，凸罗拉随喂入纤维条厚度的变化而摆动，把这个反映位移量的机械信号转换成电信号。②记忆延迟机构。由于从检测到纤维条匀整点之间有一定的距离，需要当检测点信号到达匀整点时才将信号传出，这一作用由记忆延迟机构完成。棉纺设备中的一些装置从检测点到匀整点的距离短，出条速度高，也可以不用记忆延迟机构。有些装置在经过牵伸后才进行检测(闭环系统)，也不需要这一机构。③传导机构(即控制机构)。将检测到的信号进行一番处理，包括将检测信号同厚度标准值的信号进行比较，再将其值放大，通过触发可控硅装置变成可变电流送入变速机构。④变速机构(即执行机构或调速机构)。借助传导机构发出的信号，按照牵伸要求的函数关系(即喂入纤维条厚度变化与后罗拉速度之间的关系)，用一对铁炮(一种机械式无级变速器，外形似炮筒，故名。大都是成对使用，其间通过皮带传动，当皮带沿铁炮轴移动时，可改变被动铁炮的输出转速。常见铁炮的锥体外形呈双曲线，主动铁炮内凹，被动铁炮外凸，两铁炮对应的传动半径之和为常数。在清棉机上，铁炮常用来传动天平罗拉)或小惯量滑差电动机等变速器改变牵伸区罗拉的速度。

自调匀整装置作为一种自动控制机构，在纺织工业中的应用越来越普遍，这是由于它具有以下优点：①可提高产品质量。②可提高劳动生产率和机器效率。③可缩短工艺道数。但其也有局限性和不足之处：一是自调匀整装置只能控制一台机器，而且需要一套复杂的机构，因此，只能适用于台数不多的机器，如高产梳棉机、梳毛机、并条机、针梳机等。在台数很多而每单位宽度又很窄的情况下，自调匀整装置的安装和使用会发生困难，而且也不经济。二是自调匀整装置只能匀整重量不匀(即粗细不匀)，而不能匀整混合不匀和结构不匀。三是自调匀整装置

对本道或相邻工序有较明显的效果,但对成纱反映的匀整效果较弱或不明显。四是在开环、闭环和混合环三种形式中,以闭环式效果较差。这是因为闭环式既不能匀整短片段不匀,也不能核实匀整效果,需要人工检验,从而会增加工作负担,浪费原材料。

自调匀整装置由于具有许多优点,越来越成为棉、毛、绢、麻以及化纤等一切纺纱工程中不可缺少的重要一环,但也存在一些局限性和不足之处。科学技术的发展,特别是高新技术向各个领域的渗透,对自调匀整装置提出了更高的要求,但同时也为其提供了技术和手段,使其能更好地适应高速、优质、短流程、连续化和自动化,能匀整更短的片段,使匀整效果能在成纱质量中得到较好的体现等。

(二)成纱技术

把纺织纤维加工成纱线的整个工艺过程称为纺纱。“纺”之意即是将纤维组成条子并拉细加捻成纱。纤维经过前纺工序制成纤维条,再将纤维条进一步拉细并集成细纱,简称成纱或纺纱。通常是把几根纤维条经并合、牵伸,或在牵伸的同时利用针排进行分梳,使纤维条中的纤维进一步伸直平行,然后逐步拉细,先纺成粗纱,再纺成细纱。也可以把纤维条直接纺成细纱,或把梳理后形成的纤维网分割成窄条,经搓捻后直接纺成细纱。

1. 转杯纺纱(气流纺纱)

转杯纺纱又称气流纺纱或内离心式气流纺纱,它是自由端纺纱方法之一,也是各种新型纺纱中较为成熟,并已大量推广应用的一种纺纱新技术。它是利用机械力和空气力相结合进行纺纱的,早在 19 世纪末 20 世纪初,国外就有人开始从事自由端纺纱的研究,到 1937 年,丹麦人伯塞耳森提出他的专利,这是世界上出现的一个转杯纺纱机的雏形。其后,经过原捷克斯洛伐克和法国等有关研究者的不断改进,特别是原捷克斯洛伐克棉纺织科学研究所于 1955 年集中了雄厚的研究力量对转杯纺纱进行了广泛的研究,直至 1965 年,该所与柯伏斯塔夫公司合作,制成了一台 KS-200 型转杯纺纱机样机。同年,曾在原捷克斯洛伐克布尔诺国际工程技术博览会上公开展出。后又经过研究改进,将四罗拉牵伸机构改为分梳辊开松机构来开松纤维,于 1967 年制成了比较完善的 BD-200 型转杯纺纱机,并正式投产。同年,该机曾在瑞士巴塞尔第五届国际纺织机械展览会上展出,引起了纺织界的普遍重视。各国有名的纺织机械厂也相继进行了研究,有的还引进专利进行制

造。世界上能生产转杯纺纱机的国家很多,如原捷克斯洛伐克、日本、德国、英国、法国、意大利、美国、瑞士、比利时、前苏联、中国等。自转杯纺纱机问世以来,已发展出四代机型。第一代转杯纺纱机纺杯的最高转速为 30 000~40 000 转/分,手工接头,人工络纱,无排杂装置,头距小,自动化程度低。第二代转杯纺纱机纺杯的最高转速为 50 000~70 000 转/分,手工接头,人工络纱,附有排杂装置,头距普遍增大,国外有的配有半自动接头或自动接头装置和自动落纱装置。第三代转杯纺纱机纺杯转速最高为 80 000~130 000 转/分,自动化水平较第二代有了很大的提高,一般都是全自动。附有高效排杂装置、自动落纱装置、自动上蜡装置、自动打底纱装置、机器工艺参数自动显示装置、张力控制装置、安全防火报警装置、纱线质量自动检测装置等。第四代转杯纺纱机纺杯转速最高为 130 000 转/分以上。与一、二、三代转杯纺纱机相比,采用空气压缩间接轴承,纺杯直径在 30 mm 以下,自动化程度比第三代要求更高。20 世纪末,国际上先进的转杯纺纱机有日本生产的 AR300 型、瑞士生产的 R1 型、德国生产的 Autocoro-240 型和 Autocoro-288 型等机型。这些转杯纺纱机最高转速都可达到 130 000 转/分,其中 Autocoro-288 型最高转速可达 150 000 转/分。

转杯纺纱喂入的纤维条经开松、输送、凝聚、加捻卷绕成纱。在纺纱过程中,纤维流在输送和凝聚时是断续的,像搓草绳一样形成自由端,用高速回转的纺纱杯(转杯)对凝聚的纤维进行加捻,如图 2-6 所示,纤维条进入喇叭口,经过喂给罗拉和喂给板后,被分梳辊分梳成单纤维状态,借气流输送经输棉管道而进入纺纱杯的凝聚槽处,经加捻的纱通过引纱管和输出罗拉而卷绕在筒子上。

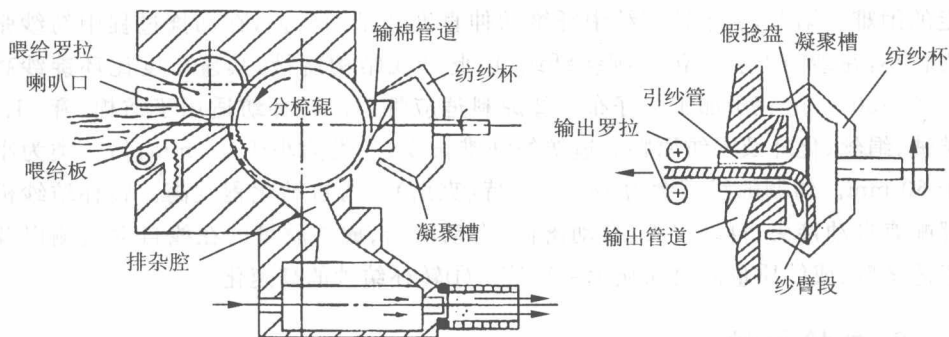


图 2-6 转杯纺纱机的结构示意图

转杯纺纱的每一个纺纱单元(纺纱器)均有排杂装置,在纺纱过程中能有效地排去细小杂质,有利于降低断头率和提高成纱质量。采用排杂装置的转杯纺纱机对前纺配套开清棉机台要求略低,否则应采用双联梳棉机。高速回转的纺纱杯(纺纱器)具有高倍并合作用,一般在 100 倍以上,所以纺出来的纱具有条干均匀

的优点,而且纱的杂质少,耐磨度好,蓬松度、保暖性和染色性也都很好。

转杯纺纱机的纺纱杯有自排风式和抽气式两大类。在自排风式加捻器上打有小孔,高速回转时产生负压,可将纤维流吸入杯内;抽气式加捻器无孔,用抽气泵将加捻器内的空气向外抽吸形成负压而将纤维流吸入杯内。两者各有利弊,前者占地面积小,不需要增加附属设备,投资省,但加捻器内容易积聚灰尘,断头后需要清扫杯内的灰尘和断纱头;后者锭距大,可采用容量较大的条筒喂入,加捻器内不会积聚灰尘,断头后无需清扫杯内的灰尘和断纱头,但需要增加附属设备,因而占地面积较大。

转杯纺纱的主要特点如下:①转杯纱(气流纱)本身具有如下的特点:第一,纺棉时,转杯纱的强力比环锭纱低 $10\%\sim 20\%$,纺化纤时低 $20\%\sim 30\%$ 。这是由于在转杯中对折、打圈、缠绕弯曲的纤维较多,纤维排列混乱,纤维之间接触不良,造成纤维滑脱的缘故。第二,由于纤维在凝聚过程中具有较大的并合效应,因此,转杯纱的条干比环锭纱均匀,纺中等线密度的转杯纱,其乌氏条干 CV 值平均为 $11\%\sim 12\%$,有的甚至低于 10% ,而同样线密度环锭纱则为 $12\%\sim 13\%$ 。第三,带有排杂装置的纺纱器排杂较多。一般情况下,转杯纱的纱疵数只有锭纱的 $1/4\sim 1/3$ 。第四,转杯纱外层包有不规则的缠绕纤维,在摩擦时纱不易解体,故转杯纱的耐磨度比环锭纱高 $10\%\sim 15\%$,股线的耐磨度比环锭纱更高。第五,由于转杯纱的纺纱张力较环锭纱小,捻度又比环锭纱多,故转杯纱的弹性略好于环锭纱,因而转杯纱的伸长率较大,断裂功较高。第六,由于加捻过程不同,因此,转杯纱的捻度一般要比环锭纱多 $15\%\sim 30\%$,这将会对某些后道工序的加工带来一定的困难。第七,由于转杯纱中纤维的伸直度和排列较差,在加捻过程中纺纱张力较小,在纱的外层又包有缠绕纤维,因此纱线结构蓬松,其蓬松度比环锭纱高 $10\%\sim 50\%$,适宜于加工牛仔布。②原料适应性广。转杯纺适用于纺棉、麻、毛、羊绒、绢丝、化纤及混纺原料。适纺的纤维长度,一类为小于 40 mm ,另一类为小于 60 mm 。纺制的线密度为 $14\sim 194$ 特(克斯)。③自动化程度高。转杯纺纱机都配有自动接头、自动留头、自动落筒、自动清洁、成纱质量的在线自动监测以及工艺参数、成纱质量的自动显示系统等。④转杯纺纱的高速化。

2. 自捻纺纱

自捻纺纱技术起源于盛产羊毛的澳大利亚。20世纪60年代初,在联邦科学与工业研究院工作的D. E. 亨肖等人首先探索了这项新技术,于1961年10月19日在澳大利亚获得了自捻纺纱专利。早期的加捻机件不是搓辊,搓辊加捻机构是由澳大利亚学者G. W. 沃尔斯首先应用于自捻纺纱机的,并于1964年10月28

日在澳大利亚申请了搓辊的专利,但直到为搓辊的传动配上行星轮系,搓辊的支承采用空气静压轴承,以及上搓辊架采用枢轴方式支承以后,自捻纺纱方法与自捻纺纱机才开始步入工业化实用阶段,并命名为 Repco。最早生产自捻纺纱机的是澳大利亚的雷普科(Repco)公司,最具代表性的机型是 Repco891 型,后雷科普公司将制造与销售权全部转让给英国的泼拉脱·萨克洛威尔公司,把机型定为 MK1 和 MK2,并于 1971 年在巴黎举行的第六届国际纺织机械展览会上首次展出 MK1 型自捻纺纱机,展出后引起了纺织界广大人士的关注。1975 年在米兰举行的第七届国际纺织机械展览会上展出了 MK2 型自捻纺纱机,纺纱速度高达 300 m/min。截至 1984 年底,全世界拥有自捻纺纱机达到 2 500 多台。我国也于 20 世纪 70 年代初期在北京、上海、天津、辽宁、广西、江苏等地对该技术进行了研究,纷纷制造各具特色的自捻纺纱机,应用于毛精纺、毛粗纺(长毛绒)、棉纺,并扩大到中长化纤、腈纶膨体、苧麻及维纶等领域。

自捻纺纱的基本原理是:若将一根加捻的纱对折起来,这两段纱就会互相扭缠在一起,形成具有一定捻度的股线,这种自行加捻的作用就称为“自捻”。若取两根互相平行的纤维条,将两端固定,在中间用于搓捻(图 2-7),则在加捻点的两边分别被加上大小相等、方向相反的假捻。然后将这两根被加上假捻后的单纱互相紧贴,当手离开加捻点后,两根具有假捻的单纱,由于彼此的解捻力矩作用,开始一同以相反方向回转退捻,形成一根具有正反向捻度而在结构上又是稳定的双股纱,一般称之为自捻股线(ST 线)。在自捻纺纱机上,利用一对既回转又往复运动的搓捻辊给经罗拉牵伸的两根须条施加捻向相反、数量相等的假捻,在不同捻向交界处形成两根无捻区的假捻纱条。两根假捻纱条在汇合导纱钩处并合在一起,靠纱条各自的退捻力矩抱合成一根稳定的双股线。因有无捻区,不能直接用于织造,需在捻线机上进行复捻,制成加捻自捻纱后,才能用于织造加工。自捻纺纱工艺过程如图 2-8 所示。由前罗拉输出的两根须条,一端受前罗拉握持,另一端受汇合导纱钩的握持,在两握点之间有一对既作往复运动又作回转运动的搓捻辊,经搓捻辊的搓动,在搓捻辊两侧的须条分别获得捻向相反的 S 捻和 Z 捻的单纱条。当两根捻向交替变化的单纱离开搓捻辊而在汇合导纱钩处相遇时,由于两根纱条各自的退捻扭矩作用而产生了自捻并相互捻合成一根股线。

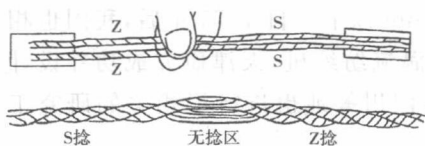
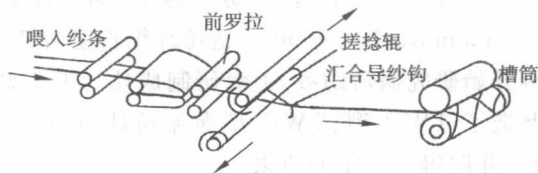


图 2-7 自捻纱的形成



2-8 自捻纺纱工艺过程

自捻纺纱是一种非自由端纺纱方法,具有以下一些优点:①纺纱速度高。高速自捻纺纱机的纺纱速度可达 $200\sim 300\text{ m/min}$,比环锭纺高出 $10\sim 20$ 倍,且其纺纱速度可以不受纺纱支数的影响,属于低速高产纺纱方法。②工艺流程短。自捻纺一道工序可代替细纱、络筒和并纱三道工序,且卷装容量大。③适纺纤维长度为 $60\sim 230\text{ mm}$ 、长度超过 80 mm 时,前纺工序必须使用毛纺设备。在生产仿毛织物时,比较适宜纺 $14\sim 36$ 特的双股线。同时可提高原料使用价值,即用同样的原料,自捻纺的纺纱支数可比环锭纺纱提高 15% 左右。④用电省。因高速部件少,其能耗为环锭纺的 60% 左右,且噪声低(85 分贝以下),只有环锭纺的 80% 左右,有利于环保。⑤劳动生产率高。由于速度快、产量高、工艺流程短、用工省,劳动生产率一般比环锭纺高一倍左右。⑥制成率高,纺纱成本低,并可改善车间的工作环境。但是,自捻纺纱也存在一些先天不足的缺点和问题:①只能生产股线,不能生产单纱。②捻度不匀,即使在追加捻度后,不匀的问题也没有得到根本的解决,纱线的强力和耐磨性能都不如环锭纱,因而自捻纱的产品具有一定的局限性。③生产效率低,这是由于自捻纺断头后,整台机器就要停止生产,待断头接好后,再开机生产、致使生产效率降低,而且纺纱支数越粗,效率越低。优点与缺点相比较,优点是主要的,经济效益也是显著的。问题在于如何扬长避短,充分利用自捻纱的特点,设计制造一些适合自捻纱性能的新产品,如花色织物、绒面织物、家具用织物、装饰织物等,以满足人们的需要。

3. 涡流纺纱

涡流纺纱是利用涡流场旋转气流,对开松成单纤维状态的纤维进行凝聚、加捻成纱的方法。它最早由德国人哥茨弗莱德于 1957 年设计。20 世纪 60 年代,英国曼彻斯特科学技术学院的洛德、日本龙尼吉可公司、前苏联有关单位、印度新德里技术研究院等也先后进行了研究。1971 年后,波兰罗兹纺织研究所研制成功 PF-1 型涡流纺纱机,并于 1975 年在米兰国际纺织机械展览会上展出了 PF-1X 型涡流纺纱机,引起了纺织界人士的普遍关注。1986 年,波兰又先后生产了 PF-2 型和 PF-2R 型(供纺包芯纱)涡流纺纱机。纺纱线密度:PF-1X 型为 $29\sim 253$ 特;PF-2 型为 $20\sim 117$ 特。纺纱速度:纺腈纶、黏胶/涤、涤/棉分别为 160 m/min 、 130 m/min 、 110 m/min 。适纺纤维长度为 70 mm 以下。自 1975 年后,我国也相继开始研究涡流纺纱,上海研制成功 WF-2 型涡流纺纱机,天津研究成功并设计制造了 TW-4 型、TW-5 型涡流纺纱机,此外,四川等地也进行了相关的研究工作,并取得了一定的成果。

涡流纺纱属于自由端纺纱,它是利用固定不动的涡流管使开松成单根状态的

纤维凝聚并加捻成纱。其纺纱工艺原理如图 2-9 所示,纤维条通过喂给罗拉后进入包有金属针布的分梳辊,分梳辊转速高达 8 000~9 600 转/分,纤维条被开松成单纤维状态,并借气流的作用通过切向输送管道进入涡流管,沿涡流管的圆周切向开有若干进气孔,涡流管的尾端与抽气真空泵相连接,使涡流管保持负压,而外界空气沿切向进气孔高速进入涡流管内,并形成了涡流。高速回转的涡流使沿切向通道送入的纤维流同向回转并达到轴向平衡,形成一个高速回转的纤维环。若它与生头纱相结合,纱条便被加上捻度,并被输出罗拉(引纱罗拉)引出,通过槽筒卷绕成筒子纱。

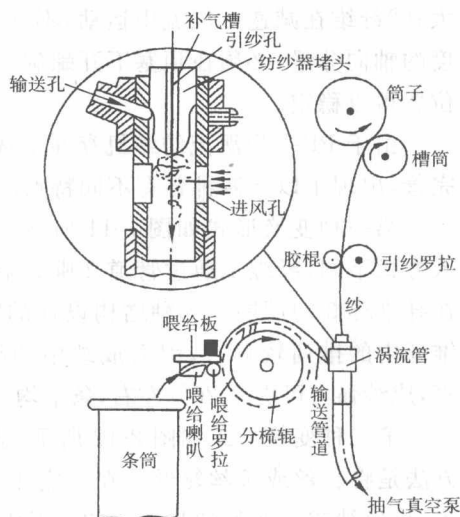
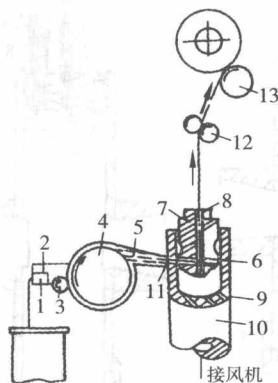


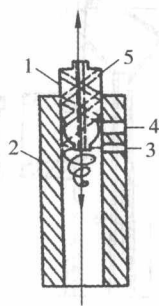
图 2-9 涡流纺纱工艺示意图

涡流纺纱机的主要部件是涡流管,各种机型之间最大的差异在于涡流管的设计上有所不同,其余机构差别不大。PF-1 型涡流纺纱与涡流管如图 2-10 所示,纤维进口设置在进风口与纺纱位置之间的地方,依靠向上运动的涡流将纤维托浮起来,送到纺纱位置。进风口上端到顶塞下端的距离约 20 mm。这种涡流管的设计虽然结构简单,但维修方便,纺纱性能稳定。其最大缺点是气流利用率低,原因在于:①空气涡流从进风口由下而上的流动过程中迅速衰减,距离越远,速度损失越



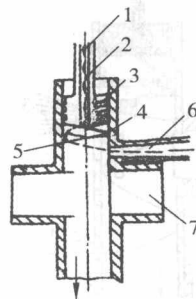
(a) 涡流纺纱示意图

1 给棉喇叭, 2 给棉板, 3 给棉罗拉, 4 刺辊, 5 输棉通道, 6 纤维环, 7 纺纱头, 8 引纱孔, 9 进风孔, 10 涡流管, 11 纤维喂入口, 12 引纱罗拉, 13 槽筒



(b) 涡流纺纱器示意图

1 纺纱头, 2 涡流管, 3 进风孔, 4 纤维喂入口, 5 补气槽



(c) 涡流管示意图

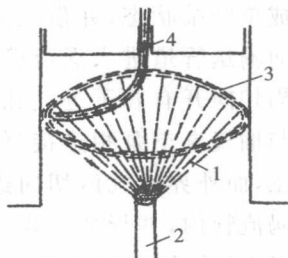
1 中心孔, 2 顶塞, 3 螺旋进气槽, 4 纺纱位置, 5 纱尾环, 6 纤维进口, 7 进风口

图 2-10 涡流纺纱与涡流管示意图

大;②纤维在减速的气流中运动,不利于纤维的伸直;③为了平衡涡流向上运动速度的轴向分量,必须在顶塞下开螺旋形进气槽,引进一股向下旋转的气流,使纺纱位置得以稳定。

由于 PF-1 型涡流纺纱机存在上述一些问题,因此问世后得到不断的改进与完善,出现了以下四种各有不同特点的变换机构形式:

第一种变换形式如图 2-11 所示,其特点是纤维喂入方式不同,纤维 1 通过管道 2 喂入后,能均匀地分布在纤维环 3 的周围。这种结构设计的特点是纤维在纤维环内的排列较顺直,因而成纱中的纤维排列也较顺直,成纱强力可提高 70% 左右,条干均匀度也有所改善。



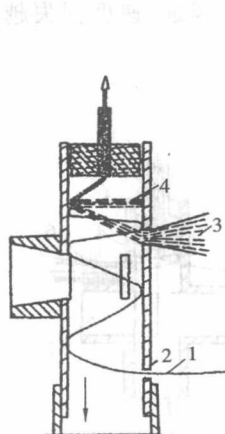
1 纤维, 2 管道, 3 纤维环, 4 成纱

图 2-11 变换机构之一

第二种变换形式如图 2-12 所示,适用于包芯纱,其方法是将长丝或长丝复丝 1 在一定张力下从入口 2 引入,长丝纱或长丝复丝与喂入的短纤维 3 形成了纤维环 4,一经接触,就随着纤维环 4 共同旋转,并裹在短纤维 3 中,纺成包芯纱。

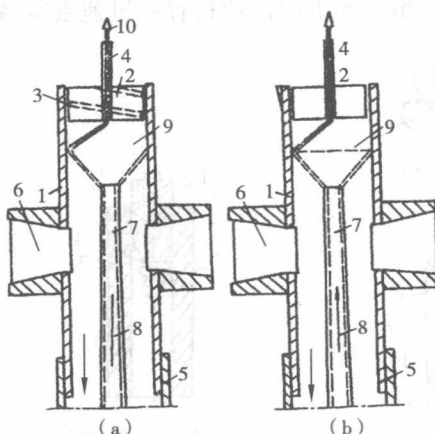
第三种变换形式如图 2-13 所示,其特点是纤维从纺纱管的轴向喂入,喂入管道 7 与纺纱管截面呈垂直方向,纤维喂入口位置在进气孔 6 与螺旋孔塞 2 之间。图 2-13(a)与图 2-13(b)的区别在于螺旋孔塞的形式不同,前者的孔塞带有孔道 3,而后者的孔塞则是实心的,这种结构形式的成纱质量和强力较好。

第四种变换形式如图 2-14 所示,这种形式的特点是纤维喂入管道 7 和引纱管 4 都装在螺旋孔塞 2 上,引纱管 4 的位置在螺旋孔塞 2 的中心。



1 复丝, 2 入口,
3 短纤, 4 纤维环

图 2-12 变换机构之二



1 管壁, 2 孔塞, 3 孔道, 4 输出管, 5 吸风口,
6 进气孔, 7 喂入管, 8 纤维流, 9 纤维环

图 2-13 变换机构之三

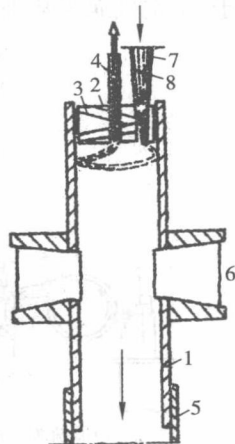
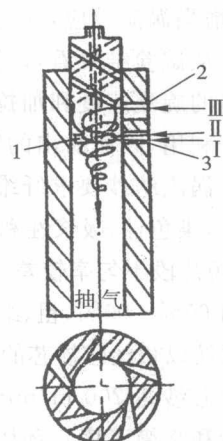


图 2-14 变换机构之四

上海制造的 WF-2 型涡流纺纱机的涡流管如图 2-15 所示,涡流管对喂入纤维的输棉孔 2、补气孔 3 及顶塞(纺纱头)的相对位置作了调整:①把输棉孔 2 位置改到纺纱头位置的上方,使纺纱头下端的位置下移,致使纺纱位置紧靠进风口。输棉孔 2 位于补气孔 3 的上方,两孔中心距仅有几毫米,这样有利于减少涡流上升过程中的速度的损失,可提高纺纱的涡流速度;②将补气孔从长槽形改成圆孔形,可消除补气孔上下端的负压差异;③把纺纱头下端改成椭圆球形体,有利于纤维伸直,并可减少纱尾回转时的摩擦阻力。



1 纤维环, 2 输棉孔, 3 补气孔

图 2-15 WF-2 型涡流管示意图

天津纺织工业研究所生产的 TW-4 型涡流纺纱机的涡流管有三种形式:

第一种形式为三切线补风型涡流管,如图 2-16 所示,它由纺纱管和顶塞(纺纱头)两个主要构件组成。其补风是由纺纱管上三个长方形的切向补风口补入气流形成涡流。这种结构形式在有效地利用气流方面的效果较差,而且耗电量也较大。

第二种形式为螺旋补风型涡流管,如图 2-17 所示,它由纺纱管、纺纱头、螺旋进风器三构件组成,当涡流管内气流被风机抽走时,空气便沿着螺旋管与涡流纺纱管壁向前推进,直至喂入纤维孔进入的气流在堵头端达到平衡,形成稳定的环状涡流场而无大量扩散损失。这样的结构设计可有效地利用涡流能,因此可以大大缩小进风口面积,从而减少耗气量,节省能耗。

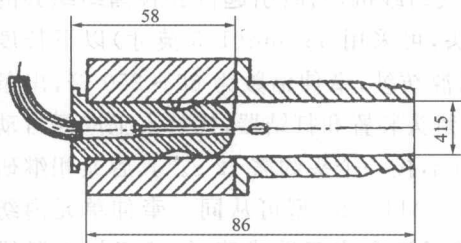


图 2-16 三切线补风型涡流管示意图

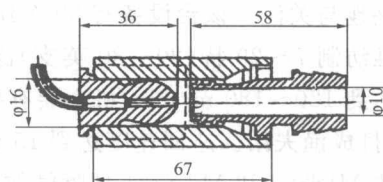


图 2-17 螺旋补风型涡流管示意图

第三种形式为外导式螺旋补风型涡流管,如图 2-18 所示,它由纺纱管、纺纱头和外导螺旋进风器三个构件组成,当涡流管内气流被风机抽走时,大气即由管外的导向螺旋槽进入管壁向前推进,因此能得到充分的旋

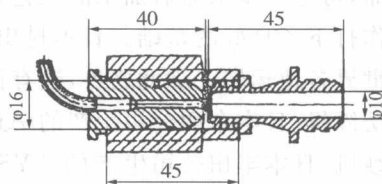


图 2-18 外导式螺旋补风型涡流管示意图

转,增强涡流效应,并可大大缩小进风口面积,从而减少耗气量。

从试验结果看,以第三种形式的涡流管纺纱效果最好,主要表现在可以获得较高的旋流速度和加捻效率,导致气流直达凝聚纤维环的位置,使环状旋流得到充分利用,因而纺出的纱线较光滑,质量较好。

涡流纺纱要求纤维长度较整齐,比较适合于化纤纯纺或混纺,成纱结构蓬松、柔软,染色性、吸浆性和耐磨性均较好。由于纤维平行伸直度较差,成纱条干均匀度、短片段不匀率较差,中、长片段不匀率与气流纱相似,纱的断裂强度稍低,为环锭纱的60%~90%,粗、细节和棉结均多于气流纱和环锭纱。涡流纺适纺粗、中特纱,也可纺以长丝作纱芯的包芯纱。涡流纺纱具有速度高(一般为100~160 m/min,纺包芯纱达200 m/min)、断头少、回花少、制成率高(可达99%)、流程短(可省略粗纱和络筒工序)、环境清洁、劳动条件好、结构简单(纺纱主要部件为非回转件)、保养方便等优点。它的主要缺点是成纱质量较差,尤其是条干问题比较突出,同时,纺纱支数低,因而纱线的使用受到了一定的限制。

4. 喷气纺纱

喷气纺纱是继气流纺、自捻纺纱、涡流纺纱之后发展起来的利用空气涡流对须条施加假捻的一种新型纺纱方法。早在1963年,美国杜邦公司就首次提出喷气纺纱的专利。1969年,日本村田机械株式会社开始研究。1970年,德国络伊特林根纺织研究所也开始进行研究。1978年,中国也开始对喷气纺纱技术进行研究。1981年11月,在日本大阪第二届国际纺织机械展览会上,首次展出了日本村田机械株式会社制造的MJS801型喷气纺纱机,当时引起世界各国纺织界的极大兴趣与关注。该台设备有60个纺纱头,可采用38 mm(1.5英寸)以下长度的纤维纺制7~29特(20~80英支)涤/棉混纺纱,牵伸倍数为60~250倍,出条速度达到120~180 m/min,机上装有手动留头装置和打结器,代替人工巡回自动接头,打成渔夫结。巡回速度达到15 m/min,接一个头约需12 s。其后又相继研制成功MJS802和MTS881型喷气纺纱机。MTS881型可从同一牵伸单元内纺出两根单纱,分别进入各自的加捻喷嘴,然后汇合成双纱成筒子,便于加工股线制品,可进一步缩短后加工的工艺流程,并实现了在线监测、全自动接头,为无人操作打下了良好的基础。日本村田机械株式会社制造的喷气纺纱机已有数百台在世界各地运转。除此之外,还有德国Suessen公司生产的Plyfil型双股并筒喷气纺纱机、日本东丽公司生产的AJS101型单喷嘴喷气纺纱机及AJS102型喷气纺纱机、日本丰田公司生产的TYS型喷气纺纱机,以及国产SFA5802A型双面上行式喷气纺纱机等。

喷气纺纱的成纱过程如图 2-19 所示,条子(或粗纱)经牵伸机构拉伸到所需要的粗细后,由前罗拉输出,利用压缩空气在喷嘴内产生的旋转气流(涡流)和负压,使牵伸输出的须条立即被吸入喷嘴中,同时进行假捻,并靠头端自由的边缘纤维包缠成纱。由于前罗拉至引纱罗拉之间的须条是连续的,依靠喷嘴内的高速旋转气流对须条进行假捻而形成纱芯,边缘纤维则靠纱芯的退绕力矩而包缠在纱芯的外层,最终由假捻转化为真捻而形成具有一定强度的喷气纱。因此,在喷气纺纱机上,喷嘴是纺纱的关键部件。根据喷嘴的数量和配置的方法不同,喷气纺纱可分为双喷嘴双进气、双喷嘴单进气和单喷嘴单进气三种形式。

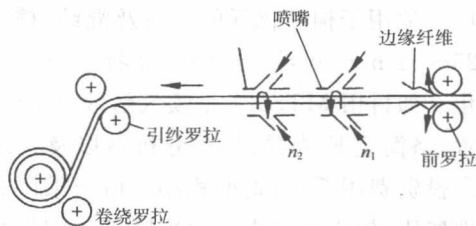
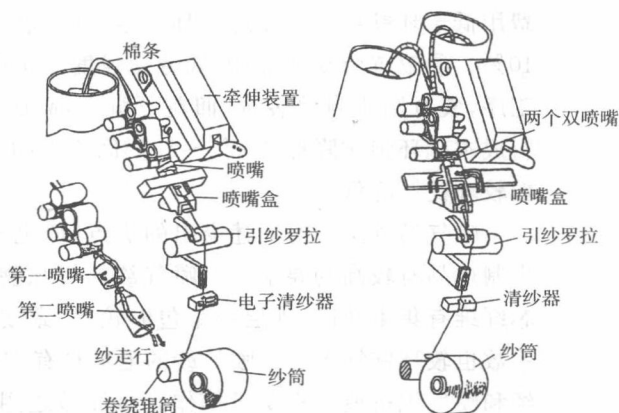


图 2-19 喷气纺纱的成纱过程



(a) 801MTS型喷气纺纱机示意图 (b) 881MTS型喷气纺纱机示意图

图 2-20 日本村田喷气纺纱工艺过程示意图

图 2-20 所示为日本村田喷气纺纱工艺过程示意图,对于采用两级喷嘴纺纱而言,两个喷嘴所喷出的旋转方向必须相反,须条在受到这两股反向旋转气流的作用后才获得捻度。第一喷嘴气流的旋转方向决定成纱上包缠纤维的捻向。为了获得捻度,前罗拉输出的速度应略大于引纱罗拉的速度,超喂率一般为 $2\% \sim 4\%$ 。被加捻后的纱条由引纱罗拉引出,并由卷绕罗拉直接卷绕成筒子。

喷气纺纱自诞生以来,一直吸引着世界各国纺织界的瞩目和兴趣,是由它的下述优点所决定的:①纺纱速度快,产量高。由于喷气纺纱采用空气涡流喷嘴加捻,纱条加捻转速可达 $(20 \sim 30) \times 10^4$ 转/分,故纺纱速度可达 $130 \sim 300$ m/min,一般为 $140 \sim 180$ m/min,为环锭纺纱机的 $10 \sim 15$ 倍,如果能进一步改善喷嘴的加捻性能,则纺纱速度还可大为提高。另外,生产能力的优势更体现在细特纱的生产上,在适纺范围内,纺纱速度可基本不受纱支细度的影响。②产品质量好,并具有特色。用于针织和机织的织造效率比环锭纱高 2% 以上,特别适用于开口小的剑杆织机和喷气织机等新型织机,织物的布面均匀、丰满、硬挺,尺寸稳定性好,染色性能也好,适宜于加工单纱细薄织物和磨绒织物。③使用原料和适纺范围

广。适用于棉型化纤的纯纺及混纺,棉纯纺及其与化纤混纺,适纺纤维的长度为25~31 mm,可纺29.2~7.3特(20~80英支)。

④技术含量高,实现了机电一体化。如村田MTS881型喷气纺纱机上装有电子清纱器、自动打结器、超级监测装置、络筒定长装置、数据分析器以及在线质量管理,完全自动化,实现了无人化。

⑤投资费用低,占地面积小。由于采用高压气流加压,可大大减少保养费用及配件费用,使生产成本大幅度降低。因机械发热量小,可以节约空调费用。尤其是在纺细特纱时更显出其优越性。设备投资低于环锭纺纱,更低于转杯纺纱;人工费用低于环锭纺纱而接近转杯纺纱。喷气纺纱机器的占地面积比环锭纺减少约40%。

⑥改善劳动环境,降低劳动强度。噪声大为降低,减少了粗纱和络筒两道工序,装有断头自停装置,回花下脚少,制成率比环锭纺高2%左右,用棉量和原料成本比环锭纺降低0.4%~1.5%,工人的劳动强度与工作环境大为改善,用工数较环锭纺降低60%。

喷气纺纱虽具有上述突出的优点,但也同时存在如下一些缺点:①对原料和半制成品有较高的要求。②喷气纱的机织物手感粗糙且较硬。因为喷气纱的纱芯纤维有集束效应,外层纤维包缠较紧,致使成纱刚性较大。纱与纱之间的摩擦系数也较环锭纱大。③喷气纱的毛羽具有方向性而不易倒筒,宜直接将筒子供整经和喷气织机或剑杆织机等作直接纬纱之用。④现有的机构限制了进一步提高纺纱速度。⑤动力消耗比较大。

5. 摩擦纺纱(尘笼纺纱)

摩擦纺纱,国外又称无转子气流纺纱、空气动力纺纱或德雷夫纺纱,我国习惯称为尘笼纺纱。它是由奥地利费勒尔博士于1973年发明并经过逐渐改进、完善的一种新型纺纱方法。德雷夫是发明者恩斯特·费勒尔博士名字的缩写。摩擦纺纱是机械和空气动力学相结合的一种纺纱技术,与其他新型纺纱方法的主要区别在于加捻部分,它是利用一对多孔内吸滚筒(或一只多孔内吸滚筒与一只圆柱形摩擦辊)的转动,吸附须条并施加捻度。由于这对滚筒与开清棉设备上的尘笼相似,所以人们就称这种纺纱方法为尘笼纺纱。

1974年,费勒尔公司研制成一台采用一只尘笼的摩擦纺纱机,即DREF-1型摩擦纺纱机,喂入的条子经喂给罗拉和分梳辊开松成单纤维,该纤维流聚集到具有一定负压的尘笼表面的狭长区域,由回转尘笼加捻成纱后被卷绕到筒管上。为了进一步提高加捻效率,后来在DREF-1型的基础上,进一步采用一对尘笼对纤维进行凝聚、加捻。这样便使自由端纱尾处于两个尘笼之间的楔形槽区,因此可以有效地对自由端纱尾进行加捻。此外,在该机上还安装了分级调节负压开关,用来

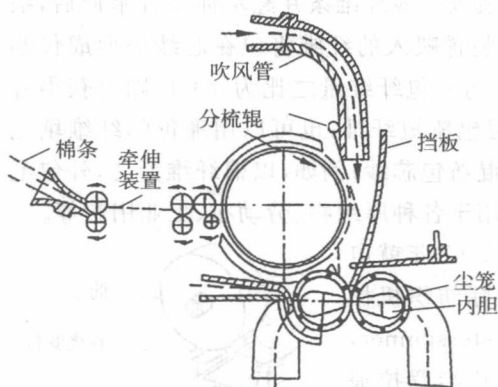


图 2-21 DREF-86-2 型摩擦纺纱机示意图

调节尘笼内的真空度,这就是 DREF-II 型摩擦纺纱机。在机上还装有一只对纤维起平行定向作用的平行盘装置,最高纺纱速度可达 300 m/min。该机于 1957 年首次在米兰国际纺织机械展览会上展出,1977 年投放市场。1986 年 9 月在上海举办的奥地利机械展览会上展出了 DREF-II 型的改进型——DREF-86-2 型。该机(如图 2-21 所示)很快就流传到欧美 10 多个国家,这些国家都在不同的规

模上进行试生产,尤其是在粗梳毛纺和半精梳毛纺系统中进入了实用阶段。它最多可同时并列喂入 6 根纤维条,其总定量可达 10~15 克/米。纤维条由喇叭口进入牵伸装置,经低倍牵伸后,由分梳辊进行分梳。分梳辊直径为 180 mm,外包金属针布,回转速度为 2 800~4 200 转/分。把纤维梳理成单纤维后,靠离心力把纤维从分梳辊上甩出后,由吹风管吹出的向下气流把纤维吹向两只同向回转的尘笼楔形缝隙处。尘笼的表面有无数的小孔,内装有内胆,内胆的一端连着抽风机。内胆是一个开有一条缝的金属管,其缝的位置朝向两只尘笼相切的加捻区。由于风机的吸风,在内胆的开口处形成很大的吸力,经分梳辊分梳的纤维就被紧紧地吸附在加捻区的尘笼表面上。当两只尘笼同向回转时,尘笼的表面就对纱条施加相同方向的加捻力矩,给纱条加上了捻回,纺好的纱引出后绕在筒子上。由于尘笼的直径比纱的直径大很多,所以尘笼能实现低速高产。DREF-III 型是在 DREF-II 型的基础上发展起来的,费勒尔公司于 1979 年生产出样机并在当年的汉诺威国际纺织机械博览会上展出,1981 年进行中试,1982 年正式批量生产并投放市场。DREF-III 型与 DREF-II 型在机构上的不同之处在于 DREF-III 型有两套纤维喂入牵伸机构,如图 2-22 所示,两者相比,虽然都是靠两只尘笼加捻,但在成纱原理上有着本质的区别。DREF-II 型生产普通纱,属于自由端纺纱,而 DREF-III 型生产包芯纱,属非自由端纺纱。

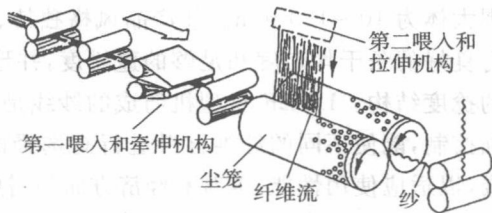


图 2-22 DREF-III 型摩擦纺纱机示意图

DREF-II 型生产的纱为真捻结构,而 DREF-III 型生产的纱属假捻包缠结构。DREF-III 型由两套喂入牵伸机构和一对尘笼加捻机构组成。第一喂入牵伸机构

是一套四上四下双皮圈罗拉牵伸装置。喂入一根纤维条并经牵伸装置牵伸后,喂入尘笼的加捻区形成芯纱。经第二牵伸装置喂入的纤维将包在芯纱外形成包芯纱,纺纱速度可达 300 m/min。如果芯纱与外包纤维量之比为 4:1,则可获得外观均匀的包缠纱。可以用长丝为芯,外层包覆短纤维;也可以用廉价的纤维填充作纱芯,以降低成本,组合成各种用途的混纺包芯纱;例如,以棉纤维为芯,外包毛纤维或其他纤维,以形成不同的风格,适用于各种厚织物、劳动布、工业用布等。

英国泼拉脱·萨克洛威尔公司早在 1967 年就申请了摩擦纺纱的专利,1983 年在米兰国际纺织机械展览会上展出了名为马斯特纺纱机(Masterspinner, 摩擦纺纱机),如图 2-23 所示,纤维条经喂给罗拉喂入后,由分梳辊进行分梳。然后,纤维在分梳辊离心力的作用下脱离分梳辊进入输纤管道。输纤管道与尘笼的轴线呈一定角度,最后纤维被输送到尘笼的楔形区,尘笼对纤维起到吸附和凝聚作用。实心辊表面包覆着摩擦系数较高的硬质材料,对凝聚的纤维条起到加捻作用,加捻后的纱被引纱罗拉输出而卷绕成筒子纱。纺纱速度最高可达 300 m/min,适纺纯棉或化纤及其混纺纱。纤维长度可达 40 mm,适纺纱线的线密度为 14.5~58.3 特。

除奥地利的费勒尔公司和英国泼拉脱·萨克洛威尔公司外,原捷克斯洛伐克、德国、日本、瑞士、中国(上海和杭州等地)也都有研究成果,且各具特点,从而逐步完善了摩擦纺纱方法。

摩擦纺纱技术发展速度较快,它仅次于转杯纺纱而占有相当地位,这是由它的特点所决定的:①原料的适应性广。对原料的要求较低,可适用于天然纤维、化学纤维,尤其是能使用各种纤维的下脚废料纺出较好的纱线。适纺的纤维长度范围大体为 10~150 mm。②产品风格独特、花色多。由 DREF-Ⅱ 型机纺成的纱具有良好的条干均匀度和足够的蓬松度,并形成“多组分”的分层结构和“里紧外松”的捻度结构。DREF-Ⅲ 型机纺成的纱线是包芯纱、纱芯纤维和外包纤维可分别单独控制,能使不同的纤维材料进行有选择的组合和配合,可直接纺制出各种花纱线,以适应使用性能、美观和经济方面的需要。③低速高产。由于利用直径较大的加捻机件(尘笼)对直径很小的纱条直接进行摩擦加捻,所以在加捻机件转速不太高的情况下,能使纱条获得非常高的加捻转速,最高纺纱速度可达 300 m/min,比环锭纺纱速度高出 10 倍以上,故生产效率高。④工艺流程短,成本低。纤维原料经梳

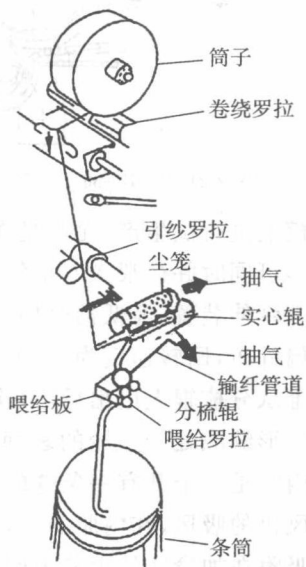


图 2-23 摩擦纺纱机示意图

理机制成条子后可直接上机纺纱,是现有纺纱系统中工艺流程较短的一种,因而可降低厂房、设备的投资费用和用人工工资费用等。使用低档原料和下脚废料,可使总成本比环锭纱低 15%~30%。⑤断头少,卷装成形大。

摩擦纺纱的不足之处是成纱强力低,DREF-II 型纱的最佳强力比转杯纱要低 10%,比环锭纱要低 30%~45%。原因有下述三点:一是纱线本身结构所决定的。纱中内外层纤维无转移,纱线结构松散,纤维间抱合力较小,在拉伸过程中纤维易产生相对滑动。二是纤维在纱线中的伸直度和定向性很差。纱线在低张力下加捻,作用在纤维上的拉力太小,无法使原来在凝聚过程中呈卷曲弯钩的纤维得以伸直,成纱中纤维长度利用系数仅为 61%左右,而环锭纱则为 74%。三是成纱截面上的捻度分布由外向内几乎是呈线性增加的,内层的捻度大约是外层的 2 倍,使整个纱体呈现内紧外松的特点。

摩擦纺纱的产品用途很广,主要用于起绒织物、服装用织物、装饰用织物、工业用织物、特种性能用布(如用芳纶生产防弹布、防燃布,用玻璃纤维、陶瓷纤维生产绝缘布,用碳纤维生产航空、航天工业用布等)、废纺织物、花色纱等。

6. 赛络纺纱

赛络纺纱又称双纺纱、直接捻线纺,国内也有人称为并捻纺、赛罗纺、丝罗纺。2003 年前后被正式命名为“赛罗纺”。其商品英文名称为 Sirospun 或 Csirospun。该纺纱技术是由 CSIRO(澳大利亚联邦科学与工业研究组织)和 IWS(国际羊毛局)于 20 世纪 70 年代中期联合研制成功的,并于 90 年代开始普遍推广。它的工艺是一种短流程的股线生产工艺,可由稍经改造的环锭细纱机一步纺成类似股线的纱。我国也有人将它译为赛罗斯潘纺纱,由于纺成的纱类似捻线,也有人称为仿捻线工艺。世界上已有 30 多个国家和地区的 20 多万枚纱锭采用该系统。我国也曾引进样机,并研制出具有我国自己特色的赛络纺纱机。

这种新型纺纱方法,对原有的环锭细纱机进行改造,添加少量附加装置,由一道工序完成纺纱、并纱和捻线三道工序,有人称这是几十年来精梳毛纺纱生产的最大进步。其纺纱工艺过程如图 2-24 所示,在每一个牵伸单元喂入两根平行的粗纱,并通过导纱器,使两根粗纱在牵伸区内分别进行牵伸。经前罗拉

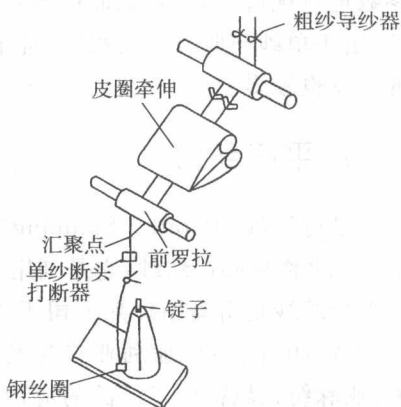


图 2-24 赛络纺纱原理图

输出后,两根单纱须条在导纱钩前的汇聚点相并合。从前罗拉钳口至汇聚点为单纱加捻区,从汇聚点起两根单纱合并加捻为成纱加捻区。两根单纱合并加捻后卷绕到纱管上,锭子和钢丝圈的回转给纱线加捻,捻度自下而上地传递直至前罗拉钳口处,汇聚点上方的两根单纱捻向和下方的股线捻向相同,但捻度上少下多。

由普通环锭细纱机改造成赛络纺纱机,需要改造的有以下几个部分:①改造粗纱架、增加双倍的粗纱管。②原后、中、前导纱器分别调换为双槽导纱器,三者纵向对中心。③中皮辊凹槽宽度由 18 mm 扩大到 24 mm,且导纱器槽动装置的偏心距为零(即不横动)。④断头自停装置(BOD)必须与导纱器,中皮辊凹槽宽度纵向对中心,与前罗拉握持线相距 $55+3$ mm,其轴与前罗拉平行度为 ± 0.5 mm。⑤由于传统的并捻纱为 S 捻,故锭子的转向由原来的顺时针回转改为逆时针方向,生产 S/S 捻赛络纱。

赛络纺的主要优点是:①工艺流程短,省去了单纱络筒、并纱和捻线工序,因而节约了设备,相应地减少了占地面积和能源消耗。同时,采用了较高的捻系数,纺纱速度可略高,因此每锭产量可比单纱提高一倍,经济效益显著。②由于纱线是同向同步加捻而且有特殊的结构,截面形状呈圆形,因此,表面纤维排列整齐、顺直、纱线结构紧密、表面毛羽少、纱线和织物较光洁、耐磨性好、起球少、手感柔软光滑,适宜生产高档轻薄型织物。③适用范围广,除用于毛纺系统外,也可适用于中长纺纱系统、棉纺纺纱系统和不同类型纤维条的捻合系统。④设备改造比较简单,只需在原有的环锭细纱机上附加安装部分部件即可,对断头自停装置的灵敏度和稳定性要求较高,对单纱切断有效率要求达到 98% 以上,在不需赛络纺时,只需将附加部件拆除就可很容易地恢复原状。

赛络纺的不足之处是细节较多,容易出现长细节,因而除加强对原料和工艺参数进行优选外,必须保证单纱打断器的质量,充分发挥电子清纱器的作用。另外,由于单纱与股线捻向相同,且不经单纱清洁器,因此造成股线打结多,产生的回丝也较多。

7. 平行纺纱

平行纺纱(Parallel Spinning)又称包覆纺、包缠纺或科弗纺(Cover Spinning),也称空心锭纺纱,它是利用空心锭子进行纺纱的一种新型纺纱技术。最早的平行纺纱是由美国杜邦公司于 1965 年研制成功的,采用纤维条子喂入。进入 20 世纪 70 年代,保加利亚首先利用空心锭子生产平行纱,随后在前苏联的棉、毛、亚麻纺领域得到了广泛的应用。在 20 世纪 70 年代末期,美国利沙公司也开发了平行纺纱技术。但比较成熟的当数德国莎逊(Suessen)公司研制的

Parafil-1 000 型和 Parafil-2 000 型平行纺纱机。Parafil-1 000 型适纺 25~500 特纱,加工天然纤维或化纤,最大长度为 60(普通牵伸)~90(滑溜牵伸) mm,喂入条子 6 000 特,引纱速度 150 m/min,锭速 35 000 转/分,适纺棉型、中长型纤维;而 Parafil-2 000 型适纺 25~500 特纱,加工纤维长度最大为 100(普通牵伸)~200(滑溜牵伸) mm,喂入条子 12 000~16 000 特,引纱速度 200 m/min,适纺毛型纤维。

平行纺纱的成纱原理如下:以一根无捻平行纤维条作芯纱,外包长丝或已纺成的纱,而后绕到筒子上,如图 2-25 所示。其纺纱过程如图 2-26 所示,采用粗纱或条子喂入,经双短皮圈罗拉牵伸装置(3~5 对罗拉,牵伸倍数 5~180 倍)拉细成平行的牵伸条,空心锭子顶端装有假捻器(有的不装假捻器),长丝筒子套在空心锭子上与空心锭子同速回转,空心锭子高速回转时,经牵伸后的须条(无捻)进入假捻器,使纱条上产生假捻,带有假捻的须条出假捻器进入空心锭子前,将长丝同时引入空心锭子,此时,由于假捻须条的退捻作用将长丝包覆在须条上,形成平行纱。当不采用假捻器时,由牵伸罗拉输出的短纤维须条与从长丝筒子上引出的长丝一起进入空心锭子内。因长丝环绕着纤维须条中心回转,而将短纤维包缠成纱。纺出的平行纱从空心锭子下端由引纱罗拉导出,直接卷绕成筒子。平行纱除包缠长丝外,也可包缠各种纱。芯纱同外缠长丝或纱的比例范围一般为 99~80:1~20。平行纺纱的锭子转速为 20 000~40 000 转/分。

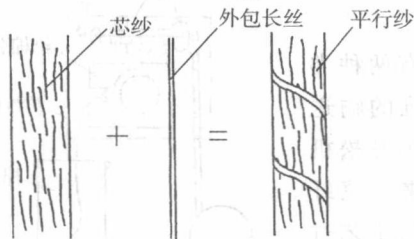


图 2-25 平行纱示意图

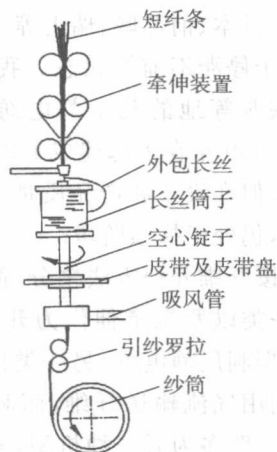


图 2-26 平行纺纱的工艺流程

平行纱的结构与一般纱线不同,它是由无捻平行的短纤维和长丝组成的。其中,长丝以螺旋形包缠在短纤维上,将短纤维束缚在一起。平行纱的强力是由外包长丝对短纤维须条紧紧捆绑(对纤维施加径向压力)使其产生必要的抱合力而

形成的。当平行纱受到张力作用时,纤维之间的摩擦力会增加。在常规的平行纱中,长丝的包缠捻度大约跟相同特数的环锭纱上的捻度相同。由于平行纱这一特殊的结构,因此,它具有如下的特点:①横截面呈圆形,当不受张力时,纱条轴向会呈现轻微的波形现象,有丰满感,其织物有仿毛感。②平行纱截面中的纤维根数少,纱体细而平滑,因而在织造中可减少与综箱、针眼等的摩擦,断头较少。③成纱强力高,与同线密度的环锭纱相比,强力相当或略高。成纱的强力主要取决于长丝的线密度,成纱的强力随着长丝线密度的提高而增加。④平行纱的条干均匀度好,伸长小,毛羽少,作经纱时无需上浆。⑤用同样粗细的纤维纺纱,平行纺可比环锭纺出更细的纱,因为平行纱的芯纱无捻、外包长丝较紧,因而在纺同样线密度的纱时,平行纱可采用较粗的短纤维,这样可使成本相应地降低。⑥平行纱的蓬松性好,同种纱的直径平均比环锭纱大 10% 左右。

8. 静电纺纱

静电纺纱是在纺纱过程中利用静电场使纤维定向、凝聚、排列、伸直,然后由加捻器加捻成纱,属于自由端纺纱之一。早在 1949 年,美国 E. S. 肯尼迪和 S. 奥格尔斯氏就申请了世界上第一台静电纺纱机专利。1955 年,美国 A. L. 托马斯也申请了静电纺纱专利。1971 年,美国电纺公司在国际纺织机械展览会上展出一台 20 锭样机 ESP-Ⅲ型,引起了世界上许多国家对静电纺纱研究的重视。此后,德国、日本、前苏联、瑞士等 10 多个国家也都先后开始了静电纺纱的研究,但基本上处于停滞不前的状态。我国也在 1958 年开始研究静电纺纱,先后有上海、浙江、陕西等地的几个静电纺纱研究基地开展工作。1980 年在上海建成 1 400 头的静电纺纱中试车间,但在设备和产品质量方面与世界其他国家一样,仍处于探索阶段。

按纤维开松方法来分,静电纺纱机有两种类型:一类以罗拉牵伸作为开松机构,纤维的输送和凝聚利用静电场,另一类以分梳辊作为开松机构,利用气流输送纤维,而利用静电场来凝聚纤维。一般多为后一种机型,其纺纱原理与工艺过程如图 2-27 所示,喂入的棉条经分梳辊开松成单纤维,并除去部分杂质,然后由气流将纤维从分梳辊上带走,送入封闭的高压静电场内,其中一端是带正电荷的电极,另一端是接地的加捻机

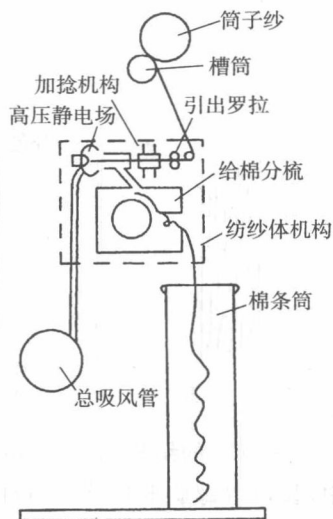


图 2-27 静电纺纱工艺过程示意图

构。由于纤维本身带有水分,在静电场的感应下,纤维发生电离或极化作用。纤维中的正负离子分别向纤维两端密集,产生与电极相反的电荷。因此,一根纤维的头端与相邻纤维的头端相斥,而与相邻纤维的尾端相吸,这种同电荷相斥,异电荷相吸的力量,使纤维定向、伸直、按电力线进行排列。单纤维上的电荷取决于电场强度。由于静电纺纱采用高压静电场,因此,高压静电场中产生的静电力很大,能起到平行、伸直、凝聚和输送纤维的作用,并使纤维向加捻机构方向运动。当一根引纱通过加捻管而被吸入静电场后,凝集成束的纤维就添补到纱尾上,经过加捻机构高速回转而被加上捻度。最后,由引纱罗拉输出,被卷绕成筒子。

静电纺纱对纤维的回潮率要求较高,适宜纺棉纤维,纺化纤有一定的困难。加捻机构速度可达 60 000 转/分以上,出纱速度达 37 m/min 以上,加捻效率为 70%~80%。纺以涤纶长丝为芯纱,外包棉纤维时,出纱速度可达 45~106 m/min,纺纱线密度为 12~97 特(49~66 英支)。静电纺纱的主要优点是:①噪声低,在加捻机构为 60 000 转/分时,机器的噪声比环锭纱低 20%。②产量高,一般比环锭纺高 80%左右。③耗电量少,每头用电只有 60 瓦,每吨纱用电量比环锭省 12%左右。④工艺流程短,可省掉粗纱和络筒工序。⑤可纺制包芯纱,增加花色品种。静电纺纱也存在一些不足的问题:①对纤维的回潮率和相对湿度要求较高。纤维的回潮率要求达到 13%~16%,车间相对湿度要保持在 80%左右,这对人体健康和延长机器使用寿命不利。②制成率较低,一般只有 91%~95%。③加捻效率较低,并随着速度的提高而降低。④纱疵较多,强力较低。

9. 轴向纺纱

轴向纺纱又称细捻联合机,是将细纱、并纱、捻线和络筒四道工序合并为一道的新型纺纱方法。其原理是利用空心锭子,将一根已纺成的纱与另一根新纺的纱并合加捻成捻线,然后卷绕成筒子。这种纺纱技术首先由前苏联研究成功,取名为细纱—捻线联合机,如图 2-28 所示,已在前苏联的棉纺、毛纺和亚麻纺织工业推广应用。MK-100M 型用于纺棉及化学短纤维纱,锭速为 12 000~15 000 转/分,可纺 4.2~14.6 特 $\times 2$; MK-114-III P 型用于纺纯毛、合纤纱,锭速为 5 000~7 500 转/分,可纺 125~500 特 $\times 2$ 。

这种纱加捻的方法是:将环锭纺纱机下来的管纱插在空心锭子上,另一根从牵伸罗拉输出的须条在空

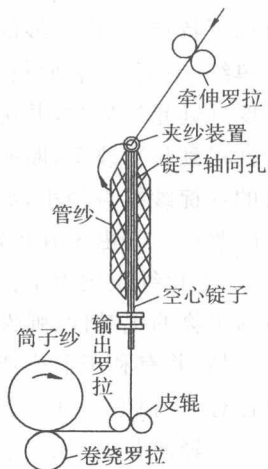


图 2-28 轴向纺纱工艺过程示意图

心锭子顶端的夹纱装置处与从管纱上退绕下来的单纱并合后,穿过空心锭子轴向孔道并从下端引出。通过空心锭子的回转,给并合纱加捻而成捻线,捻线引出后被输出罗拉和皮辊握持后送往卷绕机构卷绕成筒子。

轴向纺纱的经济效益是很明显的。据资料报道,在纺 200 特 \times 2 毛纱时,与环锭纺相比:机器台数减少 39.2%,生产费用减少 41.7%,生产面积减少 38.3%,电力消耗减少 50%左右,工人工资、保养费、折旧费减少 36.5%,回丝减少 1%,纺纱效益可增加 61.7%,而且染整后实物质量不低于环锭纱织物。这种纺纱方法的优点是取消了钢领和钢丝圈,纺纱时无气圈,断头率可降低 80%~90%(精梳毛纱),即使粗梳毛纱时,其断头率也可降低 67%~75%;其次是工艺流程短,生产效率高,这是很有发展前途的一种新型纺纱方法。其缺点是纱线断头后接头较困难,调换纱管频繁,加以仍旧利用锭子加捻,进一步提高速度受到限制。此外,两根纱的张力如何保持一致,尚需研究解决。

10. 赛络菲尔纺

赛络菲尔纺又称双组分纺纱。它是在赛络纺基础上发展起来的一种新型纺纱技术,在环锭细纱机上经过改装后进行加工。它由两种组分组成,第 1 组分(主要组分)一般为羊毛须条;第 2 组分(次要组分)一般为一根细旦化纤长丝或棉、麻、绢丝等短纤预纺纱。在细纱机上,第 1 组分的羊毛粗纱通过正常牵伸,第 2 组分的长丝或预纺纱则不经过牵伸而由前罗拉喂入,在前罗拉输出后,两种组分直接并合加捻组成复合纱,这是一种特殊结构的纱线。

赛络菲尔纱因由特殊的纺纱形式纺制而成,故纱线结构不同于环锭纱,它具有以下特点:①由于纱的外表包覆了 1 根长丝或预纺纱,使纱线条干、纱疵明显优于单纱,毛羽少,表面较光洁。②由于纱中含有长丝或预纺纱,使纱线的强度、伸长度远远超过单纱,并优于股线。③在纺纱过程中,无捻纱所受张力大为减少,可纺性得到显著改善,断头率明显下降。④纱线的横截面形状接近圆形,比相同支数的环锭纱线直径小,纱线交织后空隙大,因此织物的透气性比环锭纱产品有明显的改进。⑤由于其特殊的纱线结构、毛纱与长丝的同向加捻以及粗支羊毛的采用,加上化纤长丝力学性能的影响,使纱线的刚性与弹性相应增大,因此,由它织造的织物的抗皱性、弹性、悬垂性、透气性、抗起球性、尺寸稳定性等均优于传统纯毛产品,并有利于形成产品的挺爽风格。⑥在毛纱生产中,在纱的横截面中最少要含有 37 根毛纤维才能顺利纺纱。⑦赛络菲尔纱可纺高支,用于加工轻薄产品,如高支轻薄花呢、凡立丁、驼丝锦等。

11. 缆型纺

缆型纺是由环锭细纱机改造而成的,在前罗拉外侧加装一只表面刻有分割沟槽的分割辊,如图 2-29 所示,由澳大利亚首先研究成功,其后上海市毛麻研究所也研制成功,当经牵伸后的须条在出细纱机前钳口时,分割辊将其分割成 2 股以上的纤维束,那些纤维束在纺纱张力的作用下进入分割辊的分割槽,槽内的纤维束在纺纱加捻力的作用下,围绕自身的捻心回转,从而具有一

定的捻度。同时,这些带有一定捻度的纤维束又随着纱线的卷绕运动向下移动,各纤维束交汇于一点并围绕整根纱线的捻心做回转运动,最后形成一种具有特殊结构的新型纱线,即缆型纺纱线。这种纱线由于自身的特殊结构,各项质量指标都要比相同工艺条件下的环锭纱好得多。缆型纱的原料为纯毛或毛与其他纤维混纺,最高纺纱支数可达 11.1 tex(90 公支),单纱可作为经纱进行织造,无需浆纱,织成的面料具有布面光洁、纹理清晰、手感滑爽等特点,其抗起球能力、弹性、透气性都明显优于传统的同品种单经单纬产品。缆型纱的抗起球性、耐磨性能还可增加针织物抗起球的能力,提高产品的档次。

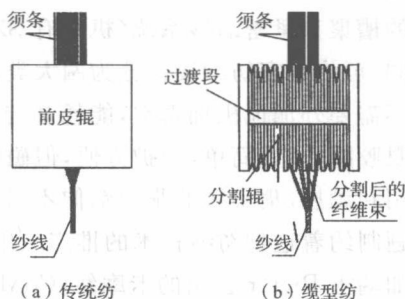


图 2-29 缆型纺纱原理示意图

12. 紧密纺

紧密纺又称实密纺、压缩纺、凝聚纺等。它是在环锭细纱机上经改造而成的,其核心技术是在前罗拉输出端加装一个集聚装置,使须条经过集聚后再输出加捻,实现了牵伸和集聚分离,避免了牵伸区中由于集合作用的存在而影响摩擦力分布,牵伸后的须条经集合后宽度减少,使加捻三角区减少甚至消除,从而消除了因加捻三角区的存在而产生的不利影响,改善了纱线质量。这一技术的关键在于集聚装置对须条的集聚效果上。

紧密纺纱技术的应用已进入推广阶段,主要应用于棉纺和毛纺,在麻纺中也有少量的应用。国际上紧密纺纱系统主要有瑞士 Rieter(立达)公司的 Comfor-spin®紧密纺纱系统(机型有 K44 等)、德国 Suessen 公司的 Elite 紧密纺纱系统(机型有 Fiomax-E1 型、Fiomax-E2 型,山西经纬纺织机械公司生产的 JWF1530 型机上也采用该系统)、Saurer(苏拉)集团 Zinsen(青泽)公司的 Compact³ 紧密纺纱系统(机型有 451C 型)、日本 Toyota(丰田)公司的 EST 紧密纺纱系统(机型有

Rx240NEW-EST)、意大利 Marzoli(马佐里)公司的 olfil 紧密纺纱系统(机型有 DTM149 型)、瑞士 Rotorcraft(罗托克拉夫)公司的 Rocos 紧密纺纱系统等,国内有浙江日发纺机公司的紧密纺纱系统(机型为 RFCS510 型)、山西鸿基实业公司的槽聚型紧密纺纱系统(机型有 SXF1588 型)等。根据紧密纺纱机集聚方式的不同,可将紧密纺纱设备分为两大类:一为机械集聚,一为气流集聚。机械集聚虽然不需要外加风机抽真空,能耗却与普通环锭机一样。它不用孔眼罗拉、网圈或孔眼胶圈,装置简单,维护方便,但磁性集聚器需要根据纺纱支数的变化进行适当选用和调换、集聚区的张力牵伸不可调节、集聚装置与罗拉表面容易磨损等突出问题制约着这种纺纱技术的推广应用。而气流集聚是国内外广泛采用的集聚形式,如瑞士 Rieter 公司的卡摩纺(CoM4)采用下凝聚(抽吸辊式),德国 Zinsen 公司的 AircomTex 采用上凝聚(带孔胶圈加罗拉式),德国 Suessen 公司的倚丽纺(Elite)采用下凝聚(网格圈或织物圈加吸管式),日本 Toyota 公司的新锐(New-EST)采用下凝聚(网格圈或织物圈加吸管、罗拉式)等。

紧密纺的优点是:①纱线毛羽少,纱中纤维平行伸直度好,纤维整体结构性好,取向规则,使得纤维利用率高,纱线性能好,单纱的强力、伸长率、耐磨性能大大提高。②因强力提高,可适当减少纱线的捻度,提高纱线产量。③在混合棉纺纱时,要达到相同的纱线质量,可以适当降低混合棉成分,如果采用相同的混合棉,纱线品质指标可提高 15%~20%。④由于纱线质量提高,同支的紧密纱售价可比环锭纱高出 10%~20%。⑤紧密纱的染色性能优于环锭纱。⑥可减少络筒、整经、织造、针织等工序的断头率,提高生产效率。但是,紧密纺也存在一些缺点,有待进一步改进与完善:①设备投资大,固定成本高。②气流吸引孔、网眼交圈处易积灰尘,使设备保养时间缩短,运转成本稍高。③因需用气流集聚,车间内的空气流动快,其他工序的飞花易在此集聚,增加了清洁工作量。④紧密纺的设备维护费用要高于环锭纺。⑤纱线上突出的毛羽为钢丝圈提供了一种润滑作用,而紧密纺的纱毛羽少,因而导致了频繁地更换钢丝圈。⑥由于紧密纱结构中无边缘纤维,因而空气捻接效果差。

(三)后纺技术

纱线是纺纱的产品,有的可直接供织造使用,有的还要根据用途的不同而进行纺纱后加工,即后纺,如络筒、并纱、捻线、摇纱等,也有的直接制成产品,例如绒线、麻线、缝纫线等。后纺加工的目的在于清除纱线上的杂质斑点,由单纱并合加工

成股线,卷绕成大的卷装,满足后道工序加工的需要。

1. 全自动络筒机

1922年,美国的巴伯考尔曼(Barber Colman)公司研制成功自动络筒小样机,但由于自动机构方面存在不少问题,未能在生产上采用;1945年该公司研制出可供生产使用的大批锭类自动络筒机,并先后出口西欧和日本。自1960年以后,络筒机自动化的研究进展很快,各种形式的自动络筒机陆续投入工业化生产(图2-30),在提高络纱产量、质量、劳动生产率、减轻工人的劳动强度等方面效果显著。进入20世纪80年代以来,由于微电子技术和计算机技术的广泛应用,络筒技术又提高到一个新水平。自1922年自动络筒机问世以来,经历了大批锭类自动络筒机、小批锭类自动络筒机、单锭式自动络筒机、细络联合机四个阶段。我国也于20世纪50年代后期开始进行自动络筒机的研究工作,并取得了一定的成就。



图2-30 自动络筒机。引自《中国大百科全书·纺织》

现在,国际上产量最大、最有影响的自动络筒机当数德国施拉夫霍斯特(Schiaffhorst)公司的奥特康纳(Autoconer)138型和238型、意大利萨维奥(Savio)公司的RAS-15CL型和埃西佩鲁(Espero)型、日本村田公司的N07-II型和N07-V型等。其中138型、RAS-15CL型和N07-II型大体属于20世纪70年代末期产品,而238型、Espero型和N07-V型则是20世纪80年代末期乃至20世纪90年代初期才推出的新一代自动络筒机。这几种自动络筒机的基本功能没有大的差别,只是机器结构和自动化程度稍有差异。老型号实用络纱速度一般为1000 m/min,而新型号则可达1500 m/min左右,筒子成形好,纱层张力均匀,装有防叠装置,能适应高速退绕,采用空气捻接或机械式捻接,接头强力能达到原纱强力的80%~90%,接头处的直径是原纱的120%~130%。自动络筒机除采用电子清纱器和自动接头外,还配有自动换管、自动落筒、自动输送以及工艺参数和运转情况的自动检测、显示、记录等多功能监控系统,因而产品质量稳定,生产效率高,劳动条件大为改善。在机械结构和工艺性能方面,各种型号的自动络筒机虽各有特点,但发展趋势却逐步趋于一致,目前都采用单锭式单独传动,而且槽筒的传动形式也趋于一致。在纱路设计方面,138型和N07-II型的电子清纱器置于接头装置之下,而RAS-15CL型的接头装置则在旁路,这三种机型都是采取先清纱后接头的方式,在接头过程中形成的纱疵须另经检测装置进行检测。经过改进的238型和

Espero 型改变了纱路设计,采用先接头后清纱的方式,纱线接头后再经清纱器检测,这种方式比较合理。而 N07-V 型则是将捻接后的纱线再退回电子清纱器检验,这就增加了机构上的复杂性。当前,国际上自动络筒机发展的另一个明显趋势就是发展联接机型,实现与细纱机直接联接,以提高纺纱工艺流程自动化程度,并为实现无人化生产作准备,这种联接型的自动络筒机已进入了实用化阶段。

2. 电子清纱器

电子清纱器是全自动络筒机上一个重要的装置,可去除细纱上的粗细节等纱疵,提高纱线质量。电子清纱器是由英国人 S. 史密斯于 1951 年首先研制成功的。到了 20 世纪 60 年代,它已在纺织厂获得大量应用。自动络筒机上都配有电子清纱器,它是检测和切断纱疵的电子机械装置,根据纱线质量的工艺要求检测纱疵的粗细程度和长度两个参数,传感器将其变化转换成相应的电信号,电信号经处理后控制执行机构,把超过设定粗细度和长度的纱疵予以切断,清除纱线上超过允许范围的弱捻、羽毛纱和棉结杂质等疵点。电子清纱器有光电式和电容式之分,如图 2-31 所示。光

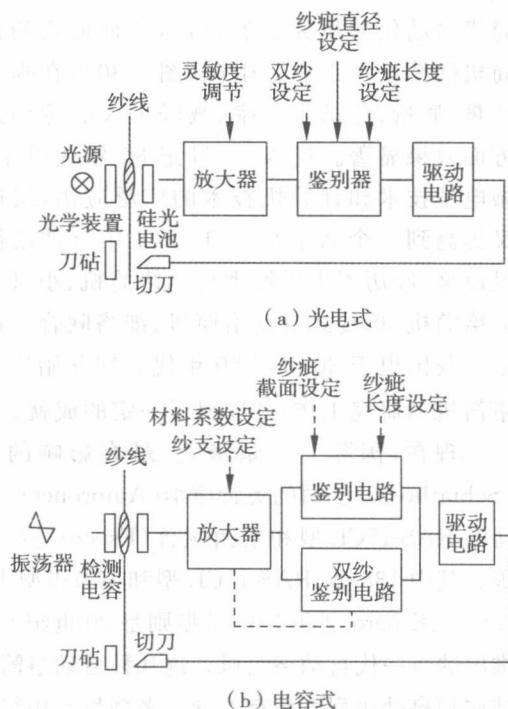


图 2-31 电子清纱器示意图

电式电子清纱器的光电检测头由光电检测和执行机构两大部分组成。光电检测部分通常由光源、光学装置和光电接收器组成,而执行机构则包括电磁吸铁线包、切刀和刀砧。电容式电子清纱器的检测部分一般由两块平行的金属极板组成一个检测电容。在检测头内有一个高频振荡器。当纱线通过检测电容时,纱线的粗细变化可对高频信号幅度加以调制,经过检波、滤波后,取出代表纱线粗细变化的低频电信号包络。经放大后的纱疵信号再由鉴别器利用以对纱线的粗细和长度进行鉴别。如果纱疵的横截面和长度的电信号已达到和超过电源控制箱的设定值,则鉴别器立即翻转,触发后级切刀驱动电路,使切刀动作,切断纱线,清除纱疵。

电子清纱器的主要优点如下:①检测是非接触测量,对于对纱线光洁度和质

量有较高要求的产品尤为适合。②无效断头少,清除纱疵效率高,当车速提高时仍可达到满意的清纱效果。③可清除平扁和弹性好的纱疵。④能清除粗细节、缺股、双纱和包芯纱缺层等疵点。⑤可由电源控制箱面板上的按钮统一调节清纱器的灵敏度,并可根据要求来调整粗细度等。⑥与自动络筒机配接,除清除纱疵外,还可作为监控和发送单元与计算机连接。但也存在一些缺点:一是结构复杂,造价较贵,维修保养较困难;二是易受温度变化的影响。这些缺点正是电子清纱器今后改进的方向。必须指出,光电式和电容式的检测头检测原理是不同的,因此,其优缺点也是不同的。光电式的优点是受纤维种类、混纺比例、温度湿度等影响小,测量出的纱疵直径和长度与人的视觉相接近;其缺点是易受纱线的扁平度、色度、光电元件的老化以及检测区积尘和外来强光的影响而降低精确度。电容式的优缺点正好同光电式相反。

3. 纱线捻接器

自动络筒机与电子清纱器结合使用后,纱线疵点被大量切除,使纱线结头数量猛增,据统计,一只筒子里纱线接头数大多为 19~44 个。需要接这么多的断头,不仅工作量大,而且接头质量的好坏会直接影响后道工序的断头、效率、疵点数和布面质量。过去接断头都是利用手或是借助机械打结器结成渔夫(网)结,如图 2-32 所示。在这两种方法的接头处,纱线直径骤增,形成疙瘩,这种接头在外力的作用下易断裂松脱,对后道工序的加工极为不利。实际上,只是把一种类型的纱疵转换成另一种类型的纱疵罢了。于是,为了进一步提高织造、针织和簇绒等生产过程的效率与产品质量,采用现代新技术研制成的捻接法接头,已普遍应用于络筒机,尤其是自动络筒机全部装有捻接器,与电子清纱器配套。所谓捻接器,就是指在络筒机上将两根纱线的头端捻接起来的装置。有气动式、机械式和静电式三种。

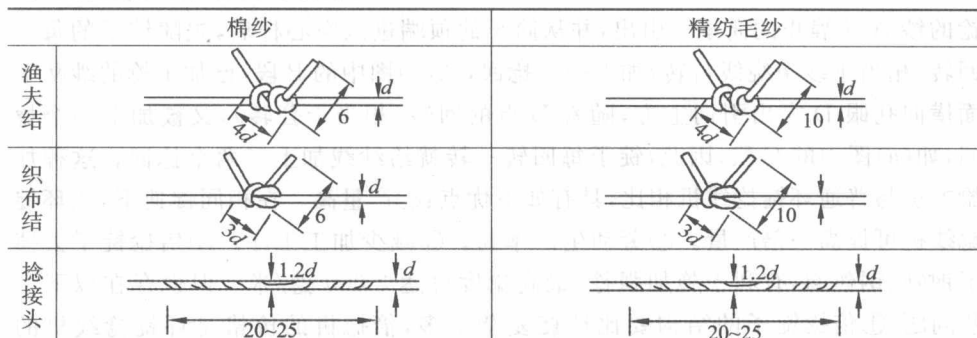


图 2-32 捻接头与一般接头的比较(图中单位为厘米)

气动式捻接器是以压缩空气为动力,将两根纱头在一定部位上压住,用剪刀剪去多余部分纱尾,以保持两根纱尾有相同的长度。然后把两根纱尾送入退捻室退捻,并使纱尾纤维伸直,同时吸走一部分短纤维。随后再对送入加捻室的无捻纱头以反向高压空气吹动,将纱尾捻合在一起。由于喷气脉冲、气压及同步切断可以进行调节,使用范围宽广,故适用于各种纱线和各种粗细的纱线。机械式捻接器是由一些齿轮、小圆盘和变形元件组成。工作时,将两根纱头的纤维簇握持转动,完成退捻、切断、减细、加捻等全部捻接过程。它是采用捻接和包缠相结合的方式来完成接头的。这种通过旋转的机械捻接方法比较符合我国的传统习惯,具有速度快、成本低的特点,已进入工业化生产,但对材料和加工要求较高。静电捻接器捻接时,先要对纱头进行预处理,使各自的一端退捻,然后施加高压电,使纱线头端上的纤维松开呈星状或扇状。采用立体捻接法时,把环状电极和另一个纱头接地,再把电极的接地断开,即完成捻接接头,然后捻为一体;采用平面捻接时,在两个板状电极之间形成一个交变电场,将松开的纱头从其边缘开始相互卷缠在一起。这种捻接方法很有特点,但比较复杂,目前还在完善之中。使用捻接器可解决由机械或人工打结法所产生的弊病,具有三大优点:①能够满足纱线无结工艺的要求。②可提高产品质量和生产效率。③可减轻劳动强度,降低成本,提高经济效益。

4. 倍捻机

为了提高捻线机的速度、产量和质量,在 20 世纪 60 年,低速高产的倍捻机被成功创制出来。加捻机构每回转一转,在股线上可获得两个捻度。其后又出现了三倍捻捻线机,即加捻机构每回转一转可同时获得三个捻度,从而大大提高了产量。

倍捻的加捻原理如图 2-33(a)所示,图 2-33(b)为倍捻锭内部结构剖面图。加捻的纱 A 从静止的筒子上引出,并从筒子的顶端进入空心杆后,先随锭子的每一回转(相当于纱条绕线自转)加上一个捻回,如(a)图中的 B 段,已加了捻的纱从下面横向孔眼 D 穿出引向上方,随着 D 点的回转(相当于公转),又被加上一个捻回,如(a)图中的 C 段,因此,锭子每回转一转就给纱线加上了两个捻回。这种加捻方法与普通环锭捻线机相比,具有如下优点:①产量高。在相同锭速下,比环锭捻线机可提高一倍产量。②劳动生产率高。③减少加工工序。④倍捻锭子去掉了钢领、钢丝圈,有利于施加强捻,最高捻度可达 3 000 捻/米。但也存在以下一些问题:①倍捻锭子的结构要比环锭复杂得多,倍捻机的价格是环锭捻线机的 10 倍以上。②锭距随着喂入卷装直径的增加而加大,因而倍捻机的占地面积大。

③倍捻机的单位产量耗电量大大超过环锭捻线机。④倍捻机断头后接头比较麻烦,但随着空气穿引头技术的出现,这个缺点正在不断被克服。⑤目前,倍捻机还不适用于加工蚕丝或 30 旦以下的合纤长丝。

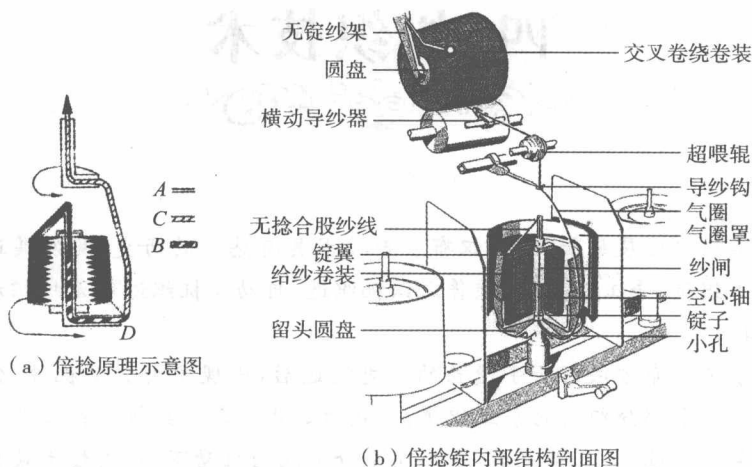


图 2-33 倍捻原理与倍捻锭内部结构图

德国 Hamel 公司于 1987 年研制成功三倍捻捻线机,其加捻机构与加捻原理如图 2-34 所示。三倍捻加捻机由逆向回转的内外两部分锭子(亦称双导筒)组成。内锭带有内导筒,喂入并纱筒子位于其中。外锭带有外导筒,由一根锭带传动四只内锭和外锭,作逆向回转。纱靠离心力从筒子上抽出,沿内导纱圆筒内壁运动,通过空心锭子导向外侧。在这里有两个握持点(固定拐点):一是在喂给卷装的上部进入喂给卷装中心孔处;二是在底部拐入外导筒处。由于此两处是以相同的速度按相反的方向回转,因此纱在两点之间转动获得两个捻度。然后再沿外导筒内壁向上运动,通过外导筒上缘的开口导纱器,再输送到卷绕部分。由于外导筒的回转和固定的导线钩而产生第三个捻度。三倍捻捻线机的优点是产量高、断头率低、噪声低、无尘埃飞花、可加工各种纤维的不同纱支。

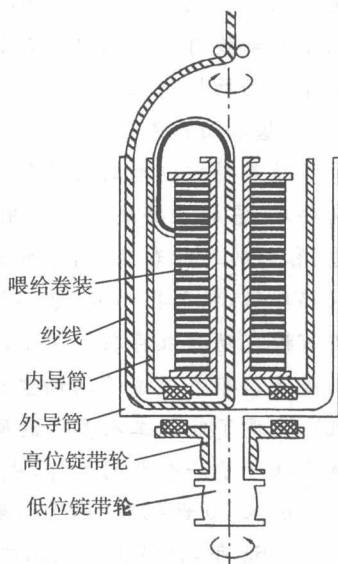


图 2-34 三倍捻加捻原理示意图

四、机织技术



在人类历史发展的长河中,织布生产技术具有悠久的历史,其发展过程经历了原始手工织造、手工机器织造、普通织机织造、自动织机织造和无梭织机织造五个发展阶段。

原始手工织布方法经历了漫长的历史演进后,出现了由原动机件、传动机件和工作机件三个部分组成的手工织机,这就为近代的动力织机进行工业化生产创造了物质条件。进入 18 世纪后,在工业革命浪潮的推动下,织造技术获得了长足的进步和较快的发展。1785 年,英国人 E. 卡特莱特发明了世界上第一台用动力传动的能完成开口、投梭、卷布三个基本动作的动力织机,使织布进入了工业化织造时代。经过一个多世纪的改进与完善,1892 年,美国人 J. H. 诺斯勒普首先发明了自动换纤(纬)织机。时隔 38 年后的 1926 年,日本人丰田佐吉在此基础上发明了自动换梭织机。从此,织造技术进入了自动织机时代,后虽经不断改进与革新,但基本面貌未变。

随着科学技术的发展和人类社会的不断进步,这种自动织机已不能适应时代的要求,它的主要缺点是采用装有纬管的梭子引纬,引纬器(梭子)体积大、重量重、容纳的纬纱卷装小,并被反复投射,易造成经纱过分被挤压而受损伤,车速低,入纬率低,机器振动大,零部件损耗多,噪声大(达 100~105 dB)。在此情况下,根据有梭自动织机存在的问题,人们对梭子进行了革命。从 20 世纪初开始,陆续研制成功织布不用梭子的新型无梭织机(片梭织机、剑杆织机、喷气织机和喷水织机),实现了纺织工人多年的夙愿,解决了上述存在的问题,使织机的产量、质量和效率跃上了一个新的台阶,成为机电一体化的高科技设备。

进入 20 世纪 80 年代以来,无梭织机发展迅速,呈现出取代有梭织机的大趋势。1965 年,世界上无梭织机仅占织机总数的 1.1%,而到 1984 年,全世界无梭织机达到 50 万台,占织机总数 350 万台的 14.3%。1994 年底,全世界织机拥有量达到 370 万台,无梭织机(片梭织机 17 万台、剑杆织机 29 万台、喷气织机 12 万台、喷水织机 16 万台)占到了织机总数的 20%,由无梭织机织制的织物占到织物

总量的 35%，美、德、意、法、俄等国拥有的无梭织机占到织机总数的 80% 以上，而且，自 20 世纪 90 年代开始，有梭织机已从国际纺织机械展览会上消失了。近几年来，随着知识经济的巨浪冲击全球，无梭织机的拥有量又以惊人的速度在发展。

在选择和使用新型织机时，选择的标准如下：①经济性。包括织机的理论平均引纬速度、织机的效率、机备件耗用费、纬纱回丝率、看台率和织机的价格。②技术先进性。包括织机的通用性、坯布的质量和品种适应性。③环保性。包括单位产品能源耗用量和织机噪声大小等。

(一) 织前准备

织前准备工序一般包括络纱、整经、浆纱、穿经或结经、卷纬和定捻等。这些工序的质量好坏，直接影响织造的效率、消耗和成本，特别是对织物的质量影响更大，所以，纺织企业对织前的准备设备和工艺是相当重视的。

1. 浆纱机

经纱上浆的目的是在经纱上涂上一薄层浆膜，使一部分浆液渗入纤维之间，另一部分黏附在经纱表面，以防止经纱在织造过程中起毛，减少断头，提高可织性，使织造顺利进行。

中国古代很早就已摸索出手工浆纱的工艺，是将经纱展成片状，用刷子或箬抹上浆膜，晾干后绕成织轴。在元代王桢《农书》中就有使用刷子对经纱上浆的图文记载。明代宋应星《天工开物·乃服篇》中“过糊”一节也详细记载了用淀粉、中皮胶、骨胶浆纱的方法和工具。18 世纪末，欧洲出现专用浆纱机的雏形，后几经改进与完善，1853 年英国人 J. 博洛夫等人申请了浆纱机的专利，他设计的浆纱机已具备现代浆纱机的基本特征(图 2-35)。

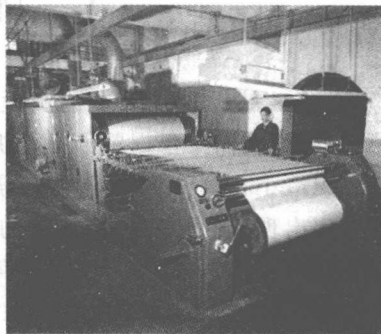


图 2-35 浆纱机

2. 自动接经机

在织造生产中，织机上的经轴织完后，新的经轴要接替已织完的经轴，为了减少穿综过筘的工序，需要将两只经轴的经纱一根根连接起来，这就是接经。由于人工接经劳动强度大，产量低，于是人们开始研制自动接经机。1904 年，美国人

H. D. 科尔曼根据手工接经原理发明了自动接经机(图 2-36)。接经机有固定式和活动式两种。固定式接经机在接经室把织完的带有筘、综、经停片的纱头与新织轴上的经纱依次接结,而活动式接经机是直接接在织机机后接结,常用于多综片或大提花织物的生产,虽能减轻劳动强度,但必须在织机停车后才能工作。

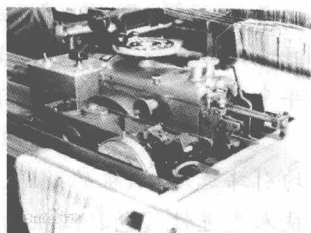


图 2-36 固定式自动接经机

3. 自动穿经机

穿经工序是经纱准备工序中的最后一道工序,其目的在于按织物组织和设计要求将经纱依次穿入停经片、综丝和钢筘。穿经方法分为“手工穿经”“半自动穿经”“全自动穿经”和“结经”。1973 年,中国河北省石家庄纺织研究所开始了自动穿经机的研究,取得了成功,并于 1982 年通过部级鉴定。该机模拟人工动作原理,把整个穿经工艺过程的各种动作完整地联合为一体,协调动作,完成穿经的各个动作。自动穿经机属于机械化穿经,其特点是:一人一机一次性完成全部穿经动作;适合于棉织厂或色织厂的平纹或斜纹织物;采用多针穿引,可实现低速高产,提高劳动生产率。

(二)传统织机技术的发展

19 世纪初,R. 罗伯茨设计的具有实用意义的织机是现代有梭织机的基础。其后,人们又根据贾卡提花织机的原理,设计了结构比较简单的开口机构,以适应织造小花纹精纺毛织物的需要,这便是在 19 世纪 30 年代出现的多臂机。1869 年出现了回转多梭箱装置的多梭箱织机。19 世纪后半叶,人们又把普通织机改造成自动织机。与此同时,美国人 J. 诺斯勒普于 1895 年研制成功自动换纤织机,并配以断经自停装置。进入 20 世纪后,有梭织机又得到不断发展,渐趋完善。

1. 自动织机

1822 年,英国纺织发明家 R. 罗伯茨发明了自动织机,不仅大大减轻了工人的劳动强度,而且提高了织机的生产效率,因而很快在整个欧洲得到应用推广。随后,不少改革家和设计人员根据这项发明进行了许多改进,发明了各种不同的装置。1890 年,美国人 J. H. 诺斯勒普发明了一台自动织机,这种织机在做了某

些改进以后,已具有现代织机的功能,如开口、投梭、打纬、送经、卷取五大运动全部实现了自动化,但补纬必须停机。20 世纪 30 年代发明了自动换梭织机,即由自动换梭机构把梭库中载有满卷纤子的梭子纳入梭箱,以取代纬纱用完的梭子。

2. 双层起绒织机

起绒织物在中国已有 2 000 多年的生产历史,它采用双织轴粗纬起绒和起绒杆起绒,这是最早的单层起绒织物,由手工操作织制,目前中国苏州生产漳绒仍用此法。织造时,在起绒的相应梭口中投入起绒杆,使绒经纱包围在起绒杆上形成绒圈,然后用割绒刀割开绒圈,形成毛绒。1857 年,西班牙发明了不用起绒杆织制绒织物的双层割绒织机,它已具有现代绒织机的形制。不久又出现了双梭口起绒织机。20 世纪 70 年代又采用了双头剑杆引纬,大大提高了生产效率,适宜于织制各种起绒织物。这种双层起绒织机织造时,地经和绒经分别被卷在两只经轴上,地经分为上下两层,分别与纬纱交织形成绒织物的地部,起固结绒经的作用。绒经与上、下层的纬纱交织,把上下层地织物连为一体,当割绒机构割断绒经后,便成为两幅独立的起绒织物。

3. 自动换纤织机

机械工人出身的 J. H. 诺斯勒普于 19 世纪 80 年代由英国迁居美国马萨诸塞州后,在德雷珀父子公司工作。当时该公司曾进行过一系列自动织机的研究,1889 年由 A. E. 罗兹制成了一台样机。诺斯勒普受此启发开始从事织机补纬装置的研究,同年 5 月,他在自己的农场制成一架木制的自动换纤装置,10 月在一家工厂试用。但他发现该装置与普通织机动作不协调,后经进一步研究改进与完善,于 1895 年终于研制成功一台自动换纤织机(图 2-37),并配以断经自停装置。织机的储纬盘可贮放 14 只纤子,用以织平纹棉布,动作较缓慢。之后又经一些人的不断改进,至今仍在纺织厂使用。

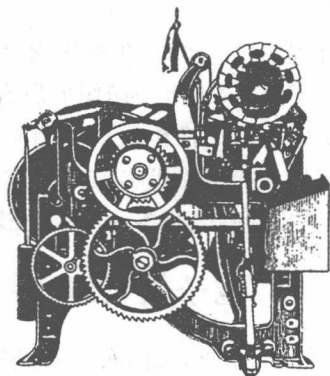


图 2-37 诺斯勒普自动换纤织机

4. 挖花织机

中国的手工挖花技艺历史悠久,早在西汉时期的丝织产品中就利用多种色纬的小梭子,运用手工在产品的局部织制,不但使花纹产生刺绣的效果,而且在花纹

之间不存在浮纬,能节约原料。这种手工挖花的效率较低,于是人们纷纷研究摸索发明挖花织机。1890—1896年,英国人 W. B. 伯奇纳夫和 A. 伍德模仿中国手工挖花的原理,发明了挖花织机。这种织机的挖花机构是由一定数量的小梭子和传动系统组成的,小梭子的数量由纬向排列花纹数来决定,在引入地部纬纱时,小梭子停于经纱上方与箱座一起运动;在织制花纹时,地部纬纱的梭子停留在梭箱中,小梭子则下降到梭口位置,分别向梭口引入各色纬纱,待小梭子通过梭口后又回升到经纱的上方,如此反复循环织出挖花织物。挖花机构的升降由开口部分的纹板发出信号,由凸轮机构控制。小梭子通过梭口则由齿杆传动。

5. 自动换梭织机

丰田佐吉是日本织机改革家,1867年生于日本浜松附近的一个木匠家庭,13岁小学毕业后从父学木工,23岁改制成一台手工织机,比传统织机提高生产能力40%~50%。1897年研制成功由柴油机带动的狭幅动力木织机,后称丰田织机。1906年丰田佐吉创立丰田织机公司。当时,丰田织机生产的棉织物倾销于中国市场。1895年美国的 J. H. 诺斯勒普发明了自动换纤织机,1904年传入日本。丰田佐吉遂积极从事自动织机的研究,对专利文献进行调查研究。他和助手查阅了日本专利的公报,还查阅了外国的专利公报,如英国专利局出版的《专利说明书摘要》中有关纺织的所有发明,其中对每个发明都做了简要的评语,从中发现了发明自动换梭织机的目标。终于在1926年,他研制成功动力自动换梭织机。该机上的张力机构、自动换梭机构、投梭机构等重要部分基本上已经具有现代织机的形制,是日本织机制造技术赶上当时世界先进水平的标志。

6. 电子提花织机

1979年,英国布拉斯机器公司发明了第一台消极式电子提花机。1983年发明了第一台积极式电子提花机,并用于商标织机上,运转速度达到1200纬/分,并用计算机辅助提花系统进行程控,能作多种纬纱选择,不仅速度高,还具有品种适应性强的特点,现已被装配在喷气织机和剑杆织机上,可生产各类提花织物。布拉斯公司发明的电子提花机的关键部件是一些电磁极,每块电磁极都通过滑轮和绳索对两根与经纱相连的钢质竖钩发生作用,竖钩搁在拉刀上,拉刀协调地进行着上下运动,此时经纱留在梭口的下层位置直至有电脉冲触发电磁线圈,而线圈吸引第一根竖钩到档门为止,随着拉刀的降落,竖钩便轻轻地搁在档门上,当相应的竖钩上升时,经纱被提升,从而形成梭口。

(三) 新型织造技术

随着科学技术的发展,自动有梭织机虽在历史上做出过重要的贡献,但也存在一些问题,如梭子的存在限制了织机速度不能进一步提高,入纬率低,机器振动大,零部件损耗多,噪声大,经纱过分被挤压而受到损伤等,因此,纺织工作者长期研究如何对梭子进行革命,力图实现织布不用梭。从 20 世纪初开始,陆续研究成功不用梭子的新型无梭织机,解决了上述存在的问题,使织机的产量、质量和效率有了较大的提高。

1. 剑杆织机

剑杆织机是使用往复移动的剑状杆叉入或夹持纬纱引入梭口的无梭织机。它是新型织机大家族中的主要成员之一,也是“人丁”最兴旺的一族,1994 年达到 29 万台。因剑杆进出梭口往复运动的引纬动作很像体育中的击剑运动,故此得名。

剑杆引纬最早在 1846 年出现于英国。1927 年,德国人 J. 加布勒首先发明了以纱圈形式交接的方式,被称为叉入式剑杆织机。1931 年,西班牙巴尔信公司也研制成功剑杆织机。1939 年,英国发明了双剑杆织机。在 1951 年首届国际纺织机械展览会上展出的剑杆织机样机,引起了世界纺织界的瞩目和高度评价。人们将无梭织机评为新技术。在 1959 年后,随着剑杆织机的改进与完善,各种剑杆织机相继投入生产,现已发展成为数量最多的一种新型织机。

剑杆织机种类繁多,机器结构也不尽相同。按剑杆数量分,有单剑杆织机、双剑杆织机和双层剑杆织机;按纬纱引入方式分,有叉入式引纬剑杆织机和夹持式引纬剑杆织机;按供纬方式分,有单侧供纬剑杆织机和双侧供纬剑杆织机;按剑杆结构分,有刚性剑杆织机和挠性剑杆织机,前者又可分为夹持式双剑杆刚性剑杆织机、叉入式双剑杆刚性剑杆织机、双层刚性剑杆织机和伸缩刚性剑杆织机。剑杆织机与有梭织机的主要区别在于引纬,并在机外装有纬纱(筒子纱)供给系统。

剑杆织机的引纬方法是借助于装在往复移动的杠杆或往复伸卷的挠性带端部的剑头,叉入(剑头上无夹纱器)或夹持(剑头上有夹纱器)固定筒子上的纬纱,将纬纱引入梭口,剑头所在的杠杆或挠性带分别称为刚性剑杆和挠性剑杆。刚性剑杆是装在刚直坚牢的空心细长剑杆上,织造时由传剑机构传动刚性剑杆作往复运动,使剑头往复进出梭口完成引纬动作。在进入梭口引纬时,梭口内无需专门

设置导引剑杆的装置,所以经纱不受导剑装置的干扰和磨损,对不耐磨的经纱织造十分有利,但剑杆退出梭口后所占空间较大,机台占地面积大,加之剑杆较笨重,惯性大,不利于织机的高速运转。因此,目前的剑杆织机上大多采用挠性剑杆,它是扁平的剑带,剑头固装在带上(如图 2-38 所示)。为了提高剑带的耐磨性,一

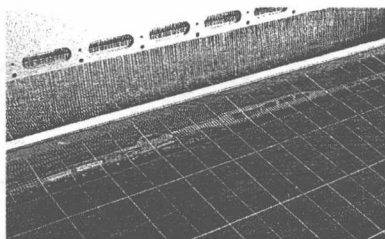


图 2-38 剑杆织机中的剑头与剑带

般采用碳纤维、凯夫拉纤维及其复合材料或高强度复合材料制成。在织造时,由传剑机构传动挠性剑带伸卷,使固装在剑带一端的剑头往复运动完成引纬。挠性剑带退出梭口后可卷绕在传剑盘上或缩到机架的下方,因此,挠性剑杆织机占地面积小,剑带的重量轻,惯性小,有利于高速运转。剑杆织机的主要优点是:①机器结构简单,选纬机构轻巧,引纬稳定可靠,方便,动力消耗低,噪声低。②幅宽范围大。织机的工作宽度为 120~460 cm,能适应各种纤维纯纺和混纺的单色织物及 4~6 色的多色织物生产。③采用新材料,适应高速要求,最高引纬率达到 1 100 m/min。④具有广泛的适应性和高度的灵活性,通用性强。除了原料和织物品种有广泛的适应性外,苏尔寿剑杆织机有 30%左右的零件与其喷气织机通用,可提高织机的通用性和灵活性。⑤采用高新技术,可提高织机的性能和自动化程度。各种新型剑杆织机上都配有电子送经机构、电子多臂和电子提花装置及电子选纬机构。毕加诺 GTM-AS 型剑杆织机上还装有自动落布装置,它的整套动作模拟人工落布。⑥织机智能化。不仅仅表现在处理各种停台上,而且随着计算机及各种传感器的应用,织机有了更强的自我管理功能,操作人员可以随时通过屏幕了解织机状态,管理人员也可通过计算机随时改变机上各项参数,从而可提高织机的运转效率,减轻操作者的劳动强度,扩大看台率,并提高织机的产量和质量。

2. 片梭织机

在无梭织机中,片梭织机是继剑杆织机之后向有梭织机发起挑战的。1911 年,美国人 Poster 首先提出了片梭引纬专利的申请,1924 年开始着手研制片梭织机。从 1942 年起,瑞士苏尔寿(Sulzer)公司进行独家研制,并于 1953 年正式投入使用,因此,片梭织机成为最早实用化的无梭织机。

片梭织机与有梭织机的主要区别是前者用片梭代替梭子引纬,在引纬、打纬与织边三个部分也有所不同,因此在机器的一侧需要增加一个供纱系统;而开口、卷取和送经机构基本相同,只是个别零部件和工艺参数不同而已。引纬由盛梭箱、扭轴投梭机构、导梭轨、接梭箱和片梭传送机构等部分组成。每台织机设有片

梭若干只,顺序从织机的供纬侧将纬纱引入梭口。投梭的动力来自扭轴加扭时储存的弹性位能,剩余能量则由油压缓冲器吸收。片梭沿导梭轨运动,进入接梭箱被制动后,由梭口下方的传送机构送回原处。打纬采用共轭凸轮机构。当筘座前进时,导梭轨退出梭口并移至布面下方,完成打纬动作;当筘座后退静止时,导梭轨插入梭口,片梭沿导梭轨前进,将纬纱引入梭口,如此循环织造。在片梭织机上采用折入、绞经和中间织边装置来织制单幅、双幅或多幅织物。在织制合成纤维织物时,应用熔边装置使布边经纱固定。

片梭的功能与梭子相同,但其体积和质量仅为梭子的 $1/10 \sim 1/20$,为片梭的高速运动创造了条件。片梭织机如图 2-39 所示,它由梭壳和装在其内的梭夹两部分组成。梭壳与梭夹靠两只铆钉铆在一起,梭壳前端(图中右侧)呈流线型,有利于减小片梭飞行时的阻力。在片梭尾部有两个孔。靠前部的孔是供第一次打开递纬用的。靠后部的孔是打纬结束后打开梭夹钳口释放纬纱用的。片梭是片梭织机的关键器件之一,

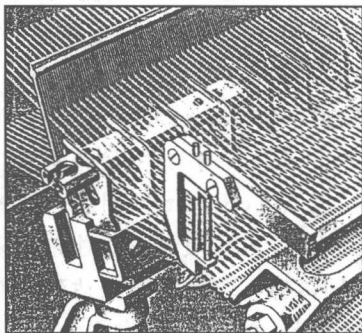


图 2-39 苏尔寿片梭织机局部

而其外壳内的梭夹又是片梭的心脏,对其质量要求特别高。为了适应织物的不同纬纱种类和不同的机器筘幅,苏尔寿片梭织机的片梭有四种类型:①D1 型片梭,适用于筘幅 390 cm 以下织制细、中特纬纱的片梭织机。②D2 型片梭,适用于筘幅为 540 cm 的片梭织机。③D12 型片梭,梭壳的外形尺寸同 D1 型片梭,但梭夹尺寸同 D2 型片梭。④K2 型片梭,适宜于织制高清洁度的织物,不会造成布面油污。片梭织机自投入生产以来,引起各国纺织界的关注,并得到迅速推广使用,其原因如下:①高速、高产、高效。最高车速达到 420 转/分,最高入纬率为 1 200 m/min,产量比有梭织机高数倍,平均效率为 90%~92%。②幅宽范围大。共有 9 档:190 cm(73 英寸)、220 cm(85 英寸)、280 cm(110 英寸)、330 cm(130 英寸)、360 cm(143 英寸)、390 cm(153 英寸)、430 cm(168 英寸)、460 cm(183 英寸)、540 cm(213 英寸)。可单幅织造,也可多幅织造,几乎能生产所有幅宽系列的织物。③适应原料和织物品种广。④自动化程度高。在 P7200 型片梭织机上,采用了先进的微处理机监控系统和中央处理信息系统,可以人机对话。微处理机监控系统可以记录织机上的信息数据、预编程的参数,接收用于修正调节值的指令。但是,片梭织机也存在一些不足。如,引纬系统由多套机构组成,各零件的加工精度要求很高,机构复杂,造价较高,同时,片梭的速度也难有较大幅度的提高,所以车速和入纬率受到一定的限制。

3. 喷气织机

喷气织机是新型织机的一种(图 2-40)。它的引纬方法是用喷射出的压缩气流对纬纱进行牵引,将纬纱带过梭口。喷气引纬的原理早在 1914 年就由美国人 Brooks 申请了专利。1922 年,原捷克斯洛伐克首先发明了气流引纬,即用压缩气流引纬,但直至 1955 年第二届国际纺织机械展览会上才展出了样机。由于气流的扩散,纬纱喷不了多远,其

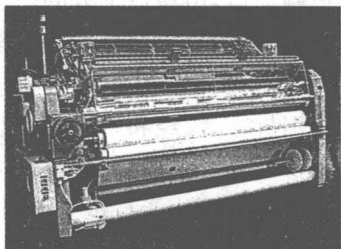


图 2-40 喷气织机

箱幅仅有 45 cm。1956 年,原捷克斯洛伐克人 Svaty 采用组合管道片控制气流,改善了引纬的条件,使箱幅达到约 100 cm。随后,美国人 Ballow 发明的异形箱和荷兰人 TeStrake 发明的辅助喷嘴装置等也申请了专利。随着这些专利逐步进入实用化阶段,喷气织机才正式确立其地位并被人们认可和接纳。20 世纪 70 年代以后,喷气织机的箱幅达到 360 cm,速度达到 350 转/分,生产效率极高。到了 20 世纪 80 年代中期,世界纺织业出现了一股“喷气织机热”,迎来了喷气织机迅速发展的时代,全球纺织业对喷气织机投以极大的关注和兴趣。目前,在无梭织机中,剑杆织机和喷气织机拥有量最大,喷气织机更是发展最快的机种,大有超过其他无梭织机的势头。

随着科学技术的发展和高科技的注入,喷气织机得到了迅速的发展,其引纬气流的喷射装置也由单喷嘴喷射方式发展成现在的主喷嘴与辅助喷嘴接力喷射方式;在防止气流扩散方面,也由管道片方式发展到异形箱方式,使喷气织机跃上一个新台阶,产生质的飞跃。两种喷射方式和两种防气流扩散方式的不同组合,使喷气织机形成三种引纬类型:①单喷嘴+管道片形式。该类型在供纬侧装有一只喷嘴,纬纱穿入其中,引纬时由它将纬纱和气流一起喷出,经过由若干管道片组成的管道,完全靠喷射气流来牵引纬纱,从而大大减轻了气流的扩散,有的还在管道的出口侧加装一只吸嘴吸引纬纱,保持纬纱头端的张紧,以减少纬纱疵点。②主喷嘴+辅助喷嘴+管道片形式。该类型能有效地使气流在管道中不致很快衰减,在箱座上增设一系列辅助喷嘴,沿纬纱行进方向相继喷气,以补充高速气流,实现接力引纬,借此可增大箱幅。③主喷嘴+辅助喷嘴+异形箱形式。异形箱将管道片与钢箱合二为一,在异形箱箱片的中部有一箱槽以形成一通道。引纬时,使主喷嘴与箱槽通道对准,则纬纱与气流就沿箱槽前进,而辅助喷嘴向箱槽中补充气流。因此,异形箱的使用就解决了上述两种形式的喷嘴存在的一个共同问题,即在每引入一纬时,管道片需在引纬之前穿过下层经纱而进入梭口内与主喷

嘴对准,引纬结束后,再穿过下层经纱退出梭口。此外,由于管道片有一定的厚度,难以适应高密度织物的织造,加之为了保证管道片在打纬时能顺利地退出梭口,致使箱座的动程较大,这不利于高速织造。

与此同时,电子技术和微型计算机技术在喷气织机上也得到了广泛的应用,使机构大大简化,喷气引纬的工艺性能更为理想,织物质量和生产率大大提高,成为新型织机中发展最快的一种织机。它具有以下一些优点:①速度快、产量高。日本津田驹公司的 ZA 系列喷气织机最高转速达到 1 500 转/分,入纬率达到 2 800 m/min。②品种适应性日益扩大。织制短纤纱的适应范围为 5.8~97 特,长丝的适应范围为 0.33~66 特,织物的密度适应范围为 4~144 根/厘米。幅宽适应范围已达 110~420 cm。能生产 4 色或 6 色纬织物、细薄织物、粗特牛仔布,高密纺羽绒布、双层布及毛巾织物等。③织物质量好。织物下机一等品率达到 90%以上,出口合格率达到 95%以上。④机电一体化、自动化程度高。在喷气织机上大量采用电子控制技术,如实现以键盘操作进行经纱张力设定和引纬模式设定;采用较大的指示灯和图像显示故障,用数字显示纬纱的飞行时间;自动处理断纬、纬纱自动供给、自动对织口、自动落布、自动上轴和自动润滑加油等。但是,喷气织机的耗电量比有梭织机要高 2~3 倍。

4. 喷水织机

喷水织机与喷气织机是同胞兄弟,同属喷射织机,在织机家属中排行老四。它是在喷气织机原理的基础上研制成功的一种新型织机,由原捷克斯洛伐克人 Svaty 发明,并取得了专利。在 1955 年的第二届国际纺织机械展览会上首次展出。其后,喷水织机发展异常迅速,至 1994 年底已有 16 万台在世界各地运转,成为无梭织机中拥有量仅次于剑杆织机和喷气织机的机种。

喷水织机与喷气织机都是喷射织机,其区别仅在于喷水织机利用水作为引纬介质,以喷射的水流对纬纱产生摩擦牵引力,使固定在筒子上的纬纱引入梭口。由于水对纬纱的摩擦牵引力大以及水射流的集束性要比空气好得多,故在喷水织机上无需采用接力引纬,也不需要设任何防水流扩散的装置,即使这样,喷水织机的箱幅也能达到 2 米多,而且机器的速度和纬纱飞行速度一直处于领先水平。尽管如此,喷水织机每引一纬所消耗的功率却是最小的。喷水织机的引纬装置与喷气织机很相似,都使用储纬定长装置和喷嘴引纬装置,但少了接力喷嘴和防扩散装置,而多了喷射泵、水箱、水滴密封、疏导回收以及织物脱水干燥等特有的装置。

喷射泵是喷水织机引纬装置中的关键部件,每台机器上都配有一台喷射泵,它在织机一次回转中能提供可引入一纬的高压水流,而且是每台织机能单独供

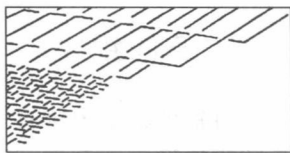
水。喷射泵的工作方式可分为定速喷射和定角喷射两种,两者都是利用喷射泵柱塞将水吸入缸体,它的运动是靠凸轮驱动产生的。前者在缸体吸入的同时实现对弹簧的压缩,而对已吸入到缸体内的水的加压是利用弹簧的恢复力驱使柱塞运动实现的,因此,定速喷射方式的喷射泵被称为弹簧泵。而后者对已吸入到缸体内的水的加压是由凸轮驱使柱塞运动实现的,因此,定角喷射方式对应的喷射泵被称为凸轮泵。定速喷射方式的水速、水量和水压不随车速变化,而喷射角(喷射过程与织机主轴的角度)随车速的增加而增大,因而喷射压力较易调整。目前喷水织机基本上都采用这种工作方式。定角喷射方式的水量和喷射角不随车速变化,但是水速和水压则随车速增加而增加,因而造成压力调整相当困难,所以这种工作方式很少被采用。

喷水织机与喷气织机一样,具有许多优点:车速高(最高车速达 2 000 转/分,差不多是有梭织机的 10 倍),单位产量高,最高入纬率达到 2 800 m/min,织物质量好,机电一体化和自动化程度高,机器结构简单,占地面积小等。但它只能用于织制表面光滑的疏水性长丝类的平纹、斜纹、小花纹组织的轻、中、重型织物($0.05 \sim 0.4 \text{ kg/m}^2$),包括高密度、超厚重的品种以及用异纱种和异支纱的品种,对于天然纤维纱线的织造尚有一定的困难。另外,喷水织机上经常与水接触的部件(如综、筘等)容易生锈,宜选用不锈钢和其他防锈材料,也可用镀铬等特殊处理办法来防止生锈。

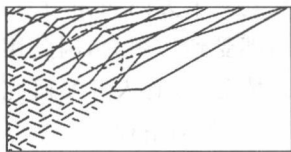
5. 多梭口织机

所谓多梭口织机是指在织造时能形成波浪形的多个梭口,可用多个载纬器引入多根纬纱。因相邻两个梭口存在同样的相位差,故称多梭口织机,又称为多相织机,是一种新型的具有连续开口机构、循环引纬机构、逐点打纬机构和同步补纬机构的低速高产织机。1901 年,美国人萨里斯比里就提出了有关多梭口织机的专利申请。1931 年,卡尔·马特制成的多梭口织机已能在实际生产中进行织造。随后又相继出现过不少的改进设计和专利。1956 年,西班牙获得发明专利。直到 1971 年,瑞士的吕蒂公司制造出 TWR 型多梭口织机的样机,正式宣告了多梭口织机的诞生,之后又有不少国家从事这方面的研究。在 1983 年国际纺织机械展览会上,展出了原捷克斯洛伐克 Testima 公司的 4431/1 型和意大利 Nuovo Pignone 公司的 TPC 1330-1360 型多梭口织机的样机。此外,西班牙的伊瓦公司、德国的迈耶西公司和前苏联也生产多梭口织机。目前,这种新型织机在东欧、亚洲、南美洲部分国家和独联体一些国家得到部分应用。我国也于 20 世纪 70 年代开始进行研究,并在换纬和品种的适应性方面取得了新的成果。

多梭口织机上若干个梭口的形成,有连续开口和波形开口(又可分为阶梯形开口和分段开口)两种。连续开口,如图 2-41(a)所示,是沿经纱方向形成的若干个连续的普通形状的梭口。纬向波形开口如图 2-41(b)所示,是沿纬纱方向在织物的全幅宽度上形成的一个逐渐推进的波浪形的梭口,当载纬器穿过梭口后,梭口就立即闭合,紧接着又形成下一个梭口。在这两种梭口中,连续开口这种形式研究得较少,发展缓慢,而波形开口研究得较多,发展较快。在每一个波形梭道中各有一个绕有一定长度纬纱的载纬器,载纬器随着波形梭口的前进作同步运动,纬纱即从载

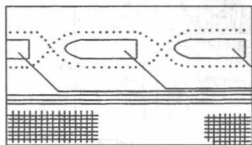


(a) 经向连续开口

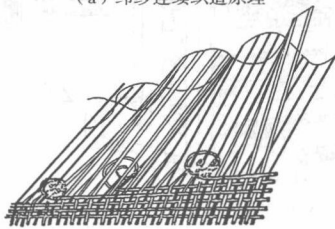


(b) 纬向波形开口

图 2-41 多梭口织机的梭口形成示意图



(a) 纬纱连续织造原理



(b) 织物形成图

图 2-42 纬纱连续织造原理和织物形成示意图

纬器上引出,由载纬器通过点后方的闭口部分经纱把纬纱握住,然后重开下一个梭口,以接纳下一个载纬器。同时,当每只载纬器经过梭道后,就由打纬机构紧跟在载纬器的后面作连续的打纬运动,从而把纬纱打紧,以完成经纬纱的交织,形成

织物。其织造原理和织物形成如图 2-42 所示。当载纬器到达织幅的一侧时,就离开梭口,由循环运输链送回原侧补充纬纱待用。由于成布过程的连续化,多梭口织机还需配备连续式卷取机构和连续式送经机构。多梭口织机克服了普通织机存在的成布过程间隙性,可明显提高织机的工作时效和引纬能力。它具有如下一些特点:①低速高产。即使引纬速度只有 2 m/min,其引纬能力也在 2 000 m/min,比一般有梭织机高 10 多倍。②由于多梭口织机的引纬打纬和补纬都是连续的回转运动,改变了传统织机这些动作的往复冲击状况,使织机的振动大大降低,在一般情况下,无需用地脚

螺钉紧固就可以正常运转。③由于振动小,噪声小,可减少环境污染。④机器制造精度要求低于无梭织机。⑤与其他新型织机相比,品种有较大的适应性,可织造 10 页综左右的多色纬纱格子织物。⑥由于经纱开口小及车速低,因而断头率较低,加之采用筒子纱自动补纬,可大大提高劳动生产率,并降低工人劳动强度。⑦单位时间内的引纬次数不受穿经箱幅的限制,适合于宽幅织物的织造。但多梭口织机只用于长期生产同一织物,而且经、纬密度受到限制,使用长丝也有困难,因此发展速度不快。

6. 三向织机

由各种新型织机和传统有梭织机织制的织物,在强力和负荷分布的均衡性以及结构的稳定性等方面存在着一定的缺陷。因为织物在实际使用过程中并非仅受到两个方向的作用力,特别像降落伞布、气球的衬布和船帆布等,它们是各个方向都受到作用力,因此用由经、纬纱交织的织物,其使用寿命受到一定的影响。在此情况下,有人开始研究三向织物及其性能,并于1971年发表了研究报告。1976年,在美国格林维尔举办的美国纺织机械展览会上,展出了一台由巴伯·科尔曼公司制造的TW2000型三向织机,其结构和外形以及织成的织物都与普通织机不同。它是由两个方向的经纱和一个方向的纬纱两两交叉成 60° 进行织造的。它适合于各种纤维原料的织造,织机工作宽度有160 cm和200 cm两种。

TW2000型三向织机(图2-43)由机架及装在机器顶部作匀速回转的圆盘组成。在圆盘上装有8只经轴,经轴随着圆盘一起作匀速回转。经纱从经轴上退绕后穿过筘梳和柔性管子引向织物形成区。承载台和圆盘同步回转,柔性管由承载台支持。承载台上的经纱被排成两片,每根经纱分别穿入彼此相对的两组综丝中,然后垂直进入织物形成区。在织造时,每织入一根纬纱,则综丝移动一定(一根经纱)的距离,随即由梳状打纬器将纬纱

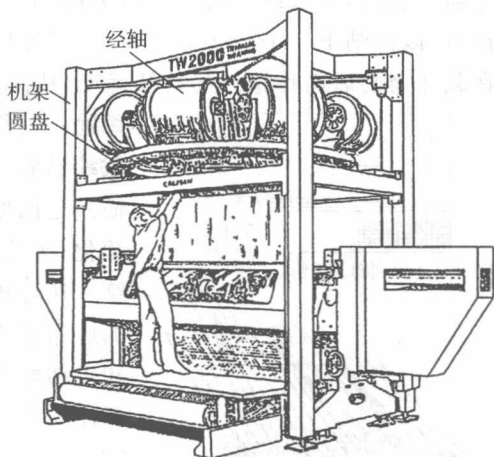


图2-43 TW2000型三向织机示意图

打紧。当每根综丝移动到经纱全幅尽头时,即被转综机构移到另一排上去(即前排的综丝转移到后排,后排综丝转移到前排),并继续进行间歇性的圆周运动。经纱、承载和综丝沿圆形轨道作同步回转运动,使两片经纱在织物中形成 60° 左右的夹角。纬纱则从锥形筒子上退绕下来,并被切成一定长度,由凸轮传动的刚性剑杆将其引入梭口,并由两个相向的梳状打纬器(相当于普通机的筘)交替地把纬纱向已形成的织物打紧,并使纬纱保持其位置。一个梳状打纬器把前一根纬纱保持在一定的位置,同时下一根纬纱被引入梭口;另一个梳状打纬器则使下一根纬纱保持在一定的位置。两个梳状打纬器交替地进行打纬,形成的织物随时被卷绕到织机前下方的卷布轴上。这种织物的最大优点是在各个方向具有均匀的强度和拉伸变形性、优良的尺寸稳定性、机械性能好、重量轻,适宜于做降落伞、船帆布、

气球外罩、飞机翼布、篷盖布、医疗绷带、塑料增强用织物以及运动服等。

7. 织编机

织编机是利用机织原理和针织原理相结合的方法织制织物的机器。它是由原捷克斯洛伐克于 20 世纪 70 年代研制成功的一种新型织机。除采用特殊的引纬方法以外,其他机构与普通织机相同。如图 2-44 所示,从织轴上退绕下来的全幅经纱分成若干条,每两条之间设置一个摆动片和一只供纬筒子。摆动片又称引纬针或眼子针,其前端有一个导纱眼,纬纱穿入眼中。当每次形成梭口后,由统一的传动机构使其摆动,把双根纬纱引入梭口,按机织物组织结构与经纱进行交织。与此同时,在机前与摆动片数目相同的舌针向机后运动,插入摆动片头端处形成的纬纱圈套,在舌针退回时,勾住此纬纱圈套使之与舌针上原有纬纱圈套锁连起来,即以针织成圈的方法把左右两条机织物连缀成机织、针织相间排列的整幅织物。其中机织部分占 80% 左右,其余是针织部分。织编机引纬原理如图 2-45 所示。由织编机织制的织物具有机织物尺寸稳定性好和针织物横向弹性高的优点,但也带有针织物逆向脱散性的缺点。

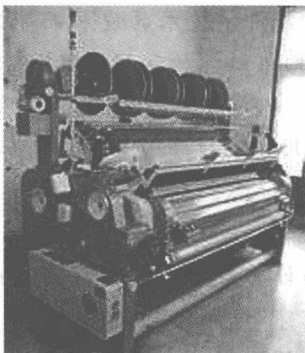


图 2-44 织编机

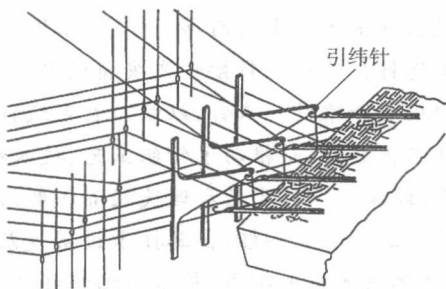


图 2-45 织编机引纬原理示意图

1986 年,中国江苏南通市纺织科学研究所研究开发成功 1515-NFG 型机织针织复合的织编机,其工作原理是梭口每次有上百根纬纱同时引入,每根纬纱只与相邻的数十根经纱交织,而经纱在织机上的工艺过程则与一般织机的工艺过程相似,其织物有 80% 左右的机织组织和 20% 左右的针织组织,两种组织有规律地排列成条状,根据产品的需要,可使条纹凹凸以增加立体感。该机特点:单位产量用电仅相当于 1515 型织机的 60%;由于机件运动不像普通织机那样剧烈,所以机器噪声低(约为 82~85 dB),易损件减少,在织制纬密相同的产品时,台时产量约为 1515 型织机的 2.53 倍,成本降低,经济效益较好。

五、针织技术



中国的针织业起步较晚,开始时都是手工编织,直到今天,还有一部分手工编织产品。在1850年前后,广州归国华侨从国外带回德国制造的家庭式手摇袜机一台,这是国外针织技术与设备传入中国的开始。1896年,杭州商人吴季英投资白银5万两在上海熙华德路3128号(现西安路78号)创办云章袜厂,这是中国第一家针织厂。我国针织业发展的历史仅有100余年,但手工编织的针织品可追溯到上古时期的渔网编结。现代的针织技术是由早期的手工编织演变而来的。在进入20世纪90年代后,各种新型纺织材料相继问世与应用,计算机技术与针织机械技术高度结合形成针织设备机电一体化,并随着科学技术的发展而不断提高。现在许多机器上均附加有一些机构,以编织各种组织结构和用途的针织物。如应用选针机构使织针按预先安排的程序投入工作,以编织提花针织物;应用梳毛机构把散纤维喂入织针,以编织长毛绒针织物;应用衬经衬纬装置,以编织衬经衬纬针织物等,从而推动了针织工艺、技术和设备水平不断提高,使针织新产品不断涌现,以满足人民生活 and 国民经济各部门发展的需要。

针织工业虽然年轻,但其技术设备发展很快,如计算机控制技术得到普遍应用,自动化程度越来越高,整体的编织技术(如“织可穿”电脑横机)得到进一步发展;针织设备的编织范围不断扩大,细针距设备越来越多,可以用于生产高档羊毛衫(羊绒衫)、外衣面料、大提花装饰织物和产业用织物等。由于新型针织机,如无针编织机、电子选针圆纬机、电脑横机、三维编织机、多轴向经编机等,技术含量高,功能大大提高,使其生产的产品从传统的内衣扩展到外衣,从传统的服装用扩大到家用、装饰用、医用、农用、交通运输用、建筑用等,花色品种也大为增加。

(一)无针编织机

无针编织又称管编,是国外出现不久的新颖的编织技术。意大利曾于20世

纪 70 年代末进行研究,于 20 世纪 80 年代先后推出几种型号的无针编织机。它适应性广,特别适用于绒线(包括花式线、结子线等)产品的深加工。其织物是当今世界最流行的绒线外衣的理想面料,如图 2-46 所示。这种织物结构新颖,手感舒适,纹路清晰,线条粗犷,花色变换迷离,具有综合运用各种原料的特点,可用于制作各种风格和不同档次的四季时装与室内外装饰用布。因此,这类织物是当前国际市场上的畅销品。

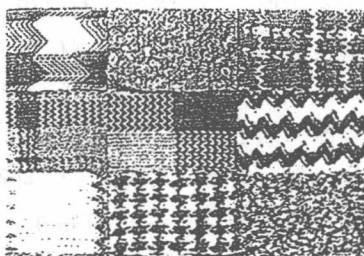


图 2-46 无针编织的织物

无针编织机是以一种弯成一定形状的针管代替传统织针的编织机,其结构合理,适应性能好,从普通纱线到花式绒线,都能通过合理的工艺设计织出各式新颖的织物。经纱从针管内穿入,可以克服钩针的弊病,在一定程度上降低了织造过程中对纱线特数、条干等的要求,甚至可以使用人为的大肚花式线,同时配有 5 mm、7 mm、10 mm、14 mm 四种不同管距及管径的梳栉(又称管板)。梳栉可以根据织造用线及密度的要求,随意进行调换。该机还设有纬纱嵌入装置,纬纱的选择范围十分广泛。嵌入纬纱可选用任何材料及任何特数的纱线,纬纱的颜色可有 6 种不同的选择,通过调换纬纱花色控制链板销,可使 6 种不同颜色的纬纱任意组合出无数种花纹效应,也可使纬纱间隙嵌入或在一段时间内无纬织造,从而使织物具有粗犷美。编织物的组织可以通过变换花样的链块来实现。针管采用三针位运动,备有 0~5、2~5、0~7、2~7 四种链块,最少由 12 块,最多由 48 块来组合,可织造出无数种花纹。该机采用机械传动,配合电气控制,并配有断经自停、断纬自停、光电保护等机构。其设计思想新颖独特,使机械和电气实现有机结合,因而它具有结构简单、性能可靠、易于操作等特点。

无针编织机(图 2-47)主要由机架、传动机构、成圈机构、前经轴、后经轴、送经机构、花纹机构、加纬装置、坯布牵拉装置、坯布卷绕装置及断经、断纬、坯布失压、链块安全保护和光电安全保护装置等组成。此外,还配有装纬纱筒的纱架和用于装卸经轴及落布的专用吊架。导纱管是弯成一定形状的很细的不锈钢管,在管中穿有经纱,它既起织针的作用,又是导纱管。编织过程主要是由安装在前、后管板轴上的梳栉来完成的,在此过程中,梳栉按一定规律横移绕管板轴摆动的导纱管。成圈原理如

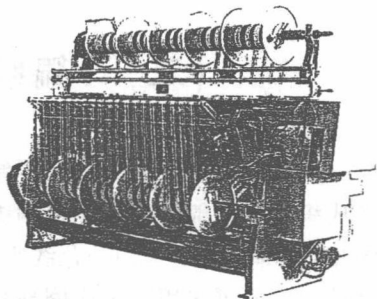


图 2-47 ZW-160 型无针编织机

图 2-48 所示。图 2-48(a)表示上一横列结束时,后梳栉刚成圈完毕,处于最低位置,前梳栉处于最高位置,其导纱管的柄上套着由后管板针管形成的新线圈。图 2-48(b)所示为前梳栉向后梳栉导纱管摆动,并作一横向移动,前梳栉将纱线绕在后梳栉导纱管上以形成纱圈。接着,前、后两梳栉均作移动,前梳栉向下,后梳栉向上,使后导纱管穿入前导纱管形成的纱圈中,如图 2-48(c)所示。然后前、后梳栉作反向运动,形成如图 2-48(d)所示的状态。此时,前导纱管上的线圈已转移到前导纱管的圆弧部位。接着,前梳栉向下运动,将纱圈绕到后导纱管的柄上。后梳栉则继续做离开前的运动,将原来处于前导纱管圆弧部位上的线圈逐渐拉离前梳栉导纱管,最后完成脱圈动作,如图 2-48(e)所示。至此,完成了一个横列的成圈过程。此后,以同样的方式,后梳栉导纱管在前梳栉导纱管上形成线圈,交替进行。由此可知,如果始终由同一对导纱管连续相互串套成圈,则在无针编织机上编织出的只是没有横向联系的直条,即编链组织。若要使各执行线圈相互联系而形成整片织物,则至少要有一块梳栉在开始编织新横列前作倒向移动,即作“针背横移”。这样,该导纱管所形成的线圈以一定规律分布于不同纵行,从而将各线圈纵行相互联系起来。

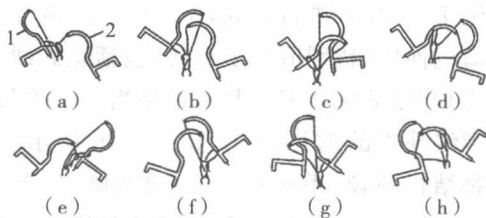


图 2-48 无针编织机成圈工艺图

无针编织机是一种结构和编织原理均较为新颖的无针编织机型,其工作原理属于经编范畴。它摆脱了传统的编织机构,取消了易损耗的织针编织元件,是一种新型针织机。国外主要机型是意大利的 TW·FH-160 型,国内由内蒙古天蒙羊绒公司研制的 ZW-160 型已基本达到了意大利的水平。由该机生产的具有特色的产品称为沃特斯织物,它是当今世界上最流行的绒线外衣的理想面料,具有广阔的开发前景,可以加工制作外衣、童装、大衣、裙子、帽子、装饰布等。

(二)可编织长短线圈的针织圆机

线圈是组成针织物的基本结构单元,线圈在纵向相互串套、横向相互连接而形成织物。一般纬编针织机编织的针织物中的线圈长度都是一样的,生产提花针织物时,都是采用不同的色线来组成所需要的花纹图案。德国研制成功的 MHK 型针织圆机可采用针织成圈新技术来编织长短线圈针织物。它是在纬平针织物基础上利用长短线圈的排列和组合,使织物表面形成条纹、斜纹、菱形、交叉等花

型图案,还可以形成半球形泡泡状等立体效应,从而可丰富针织物的品种,美化人们的生活,因此,它引起了人们的普遍关注与重视。

可编织长短线圈是指在同一线圈横列里,各个线圈的长短(长度)和线圈长短的排列位置可根据设计者的需要来确定。这种针织圆机的工作原理是在针筒的圆周上装有条带有许多三角的圈,利用两条三角圈上的三角与针筒上每一个三角的脱圈部件的相互作用,通过短暂提升成圈三角来减少弯纱深度(即纱圈的长度)而生成较短的线圈。根据选择的控制三角不同,可形成窄的、阔的、明显的或隐晦的短线圈条纹图案。三角圈的圆周速度不同,将形成不同的织物条纹和交叉条纹图案。同时,还可根据织物中长短线圈的数目、范围及形成的织物风格来确定短线圈的位置,并以此来控制针筒上的织针以及控制三角是同步还是异步旋转。三角同步旋转将产生变化条纹,而异步旋转将会产生两种情况:一是超前,使布面上的短线圈呈上升斜纹;二是滞后,使布面上的短线圈呈下降斜纹。基本线圈长度和特定线圈长度的不同是借助于两种有刻度的调节螺丝分别进行单独调节实现的。当需要编织单面纬面针织物时,把螺丝置于零度,这样编织出来的针织物的线圈长度就可一致。该机配有6种不同的针筒三角,在生产中可很容易地进行替换和调节,能方便而有效地决定线圈的分布范围。两条三角圈的圆周速度借助齿轮箱来控制。带有不同齿数的正齿轮可生产多种不同条纹图案的织物。因此,只要选择好线圈的长度、三角的形式和齿轮的齿数这三个主要参数,便可生产出所需要的织物结构,使用比较方便。这是一种很有发展前途的针织成圈新技术。

(三)电子选针圆纬机

随着电子技术和计算机应用技术的飞速发展,以及针织机械制造加工水平的不断提高,电子选针装置的采用成为新型针织机的重要标志之一。若再配以计算机辅助花型准备系统,便可大大地提高针织机编织花型的能力,加快产品设计和花型准备的速度。这将成为针织机发展的趋势。

目前,纬编针织机采用的电子选针装置有多级式和单级式两种。多级式电子选针器(图 2-49)由多级(一般为 6 级

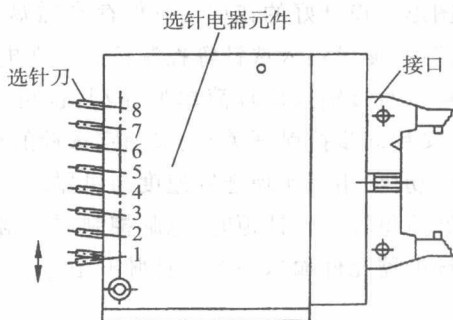


图 2-49 多级式电子选针器示意图

或8级)上下平行排列的选针刀、选针电器元件及接口组成。每一级选针刀片受与其相对应的同级电器元件控制,并可作上下摆动,以实现选针与否。选针电器元件有压电陶瓷和线圈电磁铁两种,前者具有工作频率较高、体积较小、发热量与耗电量少等优点,因而被广泛采用。选针电气元件通过接口和电缆接受来自电脑控制器的选针脉冲信号。由于电子选针器可以安装在多种类型的针织机上,因此,虽然针织机的编织与选针机件的形式及其配置可能不完全相同,但其选针原理是相同的,单级式选针器是一永久磁铁,其中有一狭窄的选针区(选针磁极),根据接受到的选针脉冲信号的不同,选针区可以保持或消除磁性,而选针器上除选针区之外,其他区域为永久磁铁。该机上没有织针三角,织针工作与否取决于挺针片是否上升(挺针片有起针三角和复针三角之分),而上、下活络三角可使被选中的织针进行编织或集圈。当用手将上、下活络三角同时拨至高位置时,织针编织,同时拨至低位置时,织针集圈。与多级式电子选针器相比,单级式选针器具有以下优点:①选针速度快,可超过2000针/秒,适应高机号和高机速的要求,而多级式的每一级选针速度仅有80~120针/秒,若要提高选针频率,需要采用6级以上。②由于选针器体积小,只需一种挺针片,运动机件较少,因而针筒高度较低。③机件磨损小,由灰尘造成的运动阻力也较小。但是,单级选针器对机件的加工精度以及机件之间的配合要求很高,否则,将不能实现可靠地进行选针。

电子选针圆纬机具有以下特点:①每一枚针可以独立选针(单针选针),不同花纹的纵行数可以等于总针数。②电子选针器的花纹信息是储存在计算机的内存和磁盘上的,容量较大,而且针筒每转输送给各电子选针器的信号可以不一样,因而不同花纹的横列数可以非常多,亦即花纹完全组织的大小及其图案可以不受限制。③采用花型设计、信息储存、信号检测和控制等部分与电子选针器相配套,能顺利地编织出所要求的花纹。④采用了计算机花型准备系统,可方便地用来设计与绘制花型以及设置上机工艺参数,可通过鼠标、数字化绘图仪、扫描仪等输入图形。设计好的花型信息保存在磁盘上。将磁盘插入与针织机相连的电脑控制器中,便可输入选针等控制信息。在电脑控制器上有键盘、显示器和开关等,因此可以直接输入比较简单的花型,也可对已输入的花型进行修改。起始点传感器(又称同步接触开关)用来确定选针的起始位置。针槽传感器(有的机器采用同步电动机)用来实现选针速度与机器回转速度的同步。装有这两个传感器可以保证针筒每转一个针距时,电脑控制器根据花纹信息向每一个电子选针器中的每一选针电器元件输送一个选针脉冲信号。

(四) 电脑横机

横机是一种平型纬编针织机。针床配置成“V”形,主要由给纱、编织、牵拉、选针、调线、收放针、传动、控制等机构和机架组成。主要用于编织提花、胖花、纹花、畦编、半畦编、纱罗、波纹、横条等组织的织物或衣坯。横机相对于其他纬编针织机而言,具有工序少、原料省、产品的花式灵活多变等特点。但是工人的劳动强度大,生产效率低,这就限制了横机的发展。近些年来,采用电脑来控制横机,并对横机的部分机件进行改造,研制成功了电脑横机,实现了机电一体化,提高了横机的自动化程度,可增加产品的花色品种,拓宽其使用范围。电脑横机(图 2-50)由纱架、机头、导纱器导轨、牵拉机构、机架和带有显示器及键盘等的电脑控制器组成。

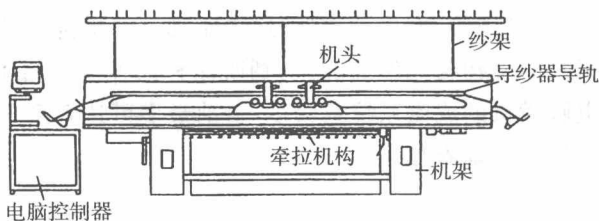


图 2-50 电脑横机结构示意图

电脑横机的整机控制系统如图 2-51 所示。利用电脑横机编织产品时,应首先在计算机花型准备系统上对花型图案、织物结构和编织工艺的程序进行设计,并制成磁盘或磁带。然后,将其插入电脑控制器,由控制器根据程序的运行向各执行元件发出控制信号,并驱动有关机件与机构动作。

针槽计数传感器的作用如下:机头每移过一个针

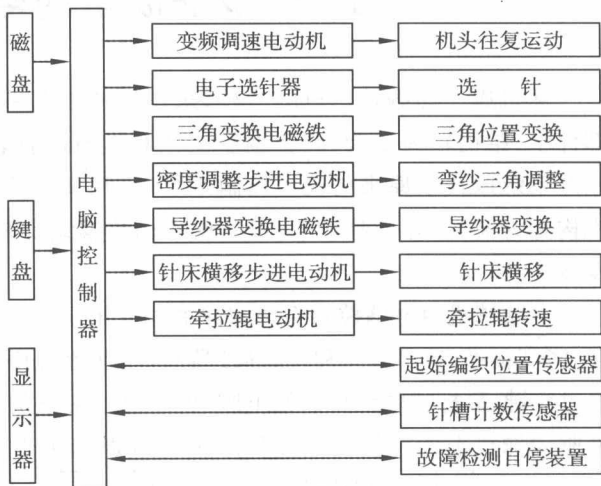


图 2-51 电脑横机整机控制系统示意图

距会发出一个脉冲信号给电脑控制器,使选针信号与机头运动同步,实现可靠的选针。同时,还要控制机头往复横移的动程。

电脑控制器向各执行元件发出信号并使相关的机件与机构动作的时间可分为两种情况:一是当机头移至横机的两侧(即移出织针工作区)时,有关机件与机

构根据程序信号完成动作变换(包括机头横移速度、三角装置、压脚、针床横移、牵拉辊转),为下一次横移编织做准备;二是在机头移动过程中根据程序信号改变有关机件的位置,如选针、机头运动的动程。弯纱三角和导纱器既可在机头移至两侧时,又可在机头移动过程中进行调整与变换。例如,在机头横移过程中,密度步进电动机根据程序信号控制与改变弯纱三角的高低位置,可使一个横列上的各个线圈长度不相等,从而产生独特的花色效应。

电脑横机专用于加工高档针织服装,成为横机发展的主要趋势。与机械横机相比,它的主要特点如下:所有与编织有关的动作(如机头往复横移与变速、变动程、选针、三角变换、密度调节、导纱器变换、针床横移、牵拉速度调整等)均由预先编制的程序,通过电脑控制器向各执行元件(伺服电动机、步进电动机、电子选针器、电磁铁等)发出动作信号,去驱动有关机构与机件来实现,因此,电动横机编织织物的结构与花型的能力、翻改品种的速度和自动化程度都大大提高了。此外,电脑横机的成圈系统数较多,目前最多可达 8 系统。针床最宽达 2 500 mm,可同时编织几幅衣片。

(五)一步法成型的电脑袜机

袜机属于纬编针织机的一种,采用机械控制系统来完成各种动作,因此机械部件多,结构较为复杂,调整编织工艺和翻改品种较麻烦。而电脑袜机采用电脑控制系统取代了原来的机械控制系统,从而取消了链条、推盘、花盘、控制滚筒,使机构大为简化,并更趋简单合理,便于调整编织工艺参数和翻改品种,成为袜机的发展趋势。

电脑袜机由电脑控制系统和袜主机两部分组成。织袜的各个程序(包括工序程序、密度程序、花型安排程序、导纱器程序、速度程序等)无需人工调整和控制,只要通过按键、鼠标或软盘传送给电脑,再由电脑发出信号,通过一系列控制传递装置,来驱动袜机上的有关机件按程序进入或退出工作。其工作流程如图 2-52 所示。

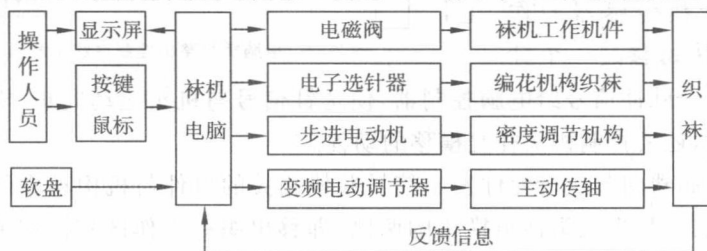


图 2-52 电脑袜机工作流程示意图

电脑控制系统的主要功能有电子选针、传动控制、工序控制、密度控制和故障检测。除此之外,电脑系统还具有开机前的预热控制,加油吸风控制、品种产量控制等功能,因而袜机的自动化程度大大提高。

电脑袜机的电子选针原理与圆纬机相同,依靠电磁感应产生动作。在一个选针器上装有8~16把选针刀,这相当于8~16个电磁感应驱动装置在一起,由于采用了先进的压电陶瓷技术,使控制动作的频率更高,可在高速运转的状态下准确地控制每个线圈的编织。针筒直接由主机电动机传动,而电脑控制系统则根据编织线圈横列的计数脉冲发出电信号,通过变频电动机调节器调节供电频率来控制主机电动机的转速及转向。

电脑控制系统还在袜机容易出现故障的部位装有探测故障的自停装置。每个自停装置均由检测器、传感器和传输电路组成。但是,不同的检测内容采用不同的检测头,例如,检测坏针采用撞针,检测断纱采用重力杆,检测漏织花型采用光电扫描器等。由检测头检测到的信号通过传感器而变为电信号,并由传输电路输入电脑。接到信号后,电脑一方面发出停机指令,并锁定机器,使其在故障排除前无法开车;另一方面,在显示屏上显示出故障原因,通知操作人员,待故障排除后,屏幕会消除故障显示。有些电脑控制系统还具有通过程序菜单主动进行故障检测的功能。

(六)“织可穿”的毛衣一步法成衣

无论是手工织毛衣,还是采用横机织毛衣,最后一道工序都是缝合,这是众所周知的,因此织毛衣花费时间较多。目前,德国斯托儿(Stoll)公司等推出了应用于电脑横机的“织可穿”技术——整件服装的编织工艺,亦即毛衣一步法成衣,编织一件完整的羊毛衫仅需40分钟。

整件服装编织工艺如图2-53所示。这是一件带有罗纹领口的长袖平针套衫,在针床相对应的工作部位采用三个导纱器,如图2-54所示。编织顺序如下:首先编织大身衣片下摆罗纹1和两只袖口罗纹2,接着编织大身衣片3

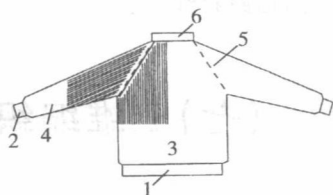


图 2-53 整件服装编织顺序

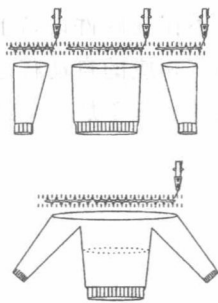


图 2-54 整件服装编织方法

和两只袖身 4 至挂肩处 5,同时编织挂肩至领口,最后编织领口 6。

现在再来看各部分是如何编织的。首先是大身衣片下摆罗纹和两只袖口罗纹的编织。罗纹编织如图 2-55 所示。图 2-55(a)所示为编织 1+1 罗纹时针床和织针的配置关系。织针对置,两个针床上的织针分别 1 隔 1 进行抽针。随后在一组相邻的织针编织一横列 1+1 罗纹线圈,如图 2-55(b)所示,并将一个针床织针上的线圈转移到另一个针床相对的织针上。接着在两个针床另一组相邻的织针上编织出一横列 1+1 罗纹线圈,如图 2-55(c)所示,并将另一个针床织针上的线圈转移到相对针床对应的织针上。这样便形成一横列圆筒形 1+1 罗纹下摆,按此法循环,直至达到所需罗纹边的长度。其次便是大身衣片和两只袖身的编织。这是圆筒形平针组织的编织,如图 2-56 所示,两只袖身随编织长度的增加逐渐放针,以增加编织宽度。当往复编织至挂肩处时,将后针床线圈转移至前针床,并通过后针床的横移,分别去除袖身与大身衣片之间的空针位置,然后使转移线圈移回后针床的织针上,再进行挂肩处的收针编织。再次是挂肩处的收针编织。在挂肩处,分别对袖身和大身进行收针,但两者不能在同一横列收针。根据需要,每次收针可以收一针、两针或更多针。每完成一次收针时,则需将后针床线圈转移至前针床,通过后针床横移来消除收针处大身衣片和袖身间的间隙,再将移至前针床的线圈移回后针床。按照此法收针、横移、编织,直至领口处。最后是领口的编织。领口 1+1 罗纹的编织方法同大身衣片下摆和袖口罗纹的编织。

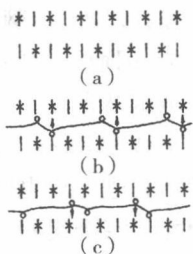


图 2-55 罗纹编织图

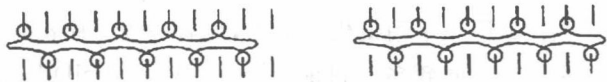


图 2-56 圆筒形平针编织

“织可穿”技术已趋于成熟,它代表了新型全能电脑横机的一种发展趋势。它不仅在硬件设备上满足了编织的要求,而且其辅助设计系统软件也比较完善,具有相应的自动程序,操作方便。由于此法工序减少,节约原料,自动化程度高,尤其适宜于加工羊绒等高档原料纱线。

(七)三维编织机

在 20 世纪 80 年代初,由于航空航天领域对不分层复合材料的迫切需求,国

外研究成功了三维编织设备和三维异型整体编织技术。由三维异型整体编织成的复合材料克服了传统复合材料因层间没有纱线通过而容易分层的弊病。它的出现引起了各国科技界的高度重视,一些发达国家如美国、法国、德国、俄罗斯等都投入了大量人力和物力,研究开发三维编织技术和自动化加工,以提高复合材料的强度和耐冲击性,以及实现一体成形。

三维编织复合材料预制件的织造技术基本上是在二维编织的基础上发展起来的,它可以达到任意的厚度,形成一个不分层的整体结构。在三维编织中,无论有多少个纱线系统,所有参与编织的纱线都是沿一个方向喂入的。在工艺设计时,按照所需编织的预制件的形状、尺寸和所有纱线的细度来确定所用纱线的根数和纱线在机器底盘上的排列方式。在编织时,将纱线的一端全部挂在机器底盘上,另一端则沿织物成形的方向挂起集中在一起。所有参与编织的纱线可分为两个系统,一个是编织纱系统,另一个是轴纱系统。编织纱挂在机器底盘上可以运动的携纱器上,而轴纱则直接挂在机器底盘上。在编织过程中,每个携纱器按一定的规律在机器底盘上沿不同的方向运动,从而带动编织纱运动,但轴纱不动。编织纱在三维空间中进行相互交织交叉的同时,把轴纱包围起来,从而形成了一个不分层的整体结构,即预制件。其中,轴纱对预制件轴向的性能具有进一步增强的作用。

机器底盘是三维编织机的关键机构,其构成形式主要有两种:一种是角导轮结构,另一种是行列结构。在角导轮结构中,纱锭被安放在角导轮的缺口中,角导轮的传动带动纱锭运动,同时将纱锭从一个角导轮传递到另一个角导轮上,从而使纱锭在整个机器底盘上产生有规律的运动,使纱线相互交织交叉而形成织物。在行列结构中,携纱器被安放在轨道的槽中,轨道按一定的规律运动而带动携纱器运动(沿行的方向运动),同时,携纱器在轨道槽中也按一定的规律运动(沿列的方向运动),从而使携纱器从一个轨道的某一位置运动到另一个轨道的另一个位置上。由于不同的携纱器运动的规律不同,从而形成一个不分层的整体结构。

三维编织预制件(织物)和基体复合固化后,就形成了三维编织复合材料。它除了具有传统复合材料重量轻、强度高、固有优点外,还具有传统复合材料所不具备的优点:①三维编织复合材料是一个不分层的整体结构。纤维在三维空间沿多个方向分布,并相互交织交叉在一起,根本不存在“层”的问题,从而大大提高沿厚度方向的性能和其他力学性能,可用于制作主承力结构件和高性能制件。②可以直接编织成不同形状的异形整体件。它除了可以编织矩形和圆筒形制件以外,还可用于编织工形梁、丁形梁、十字梁、盒形梁、门形梁、山形梁、圆锥套体、圆柱体和横截面变化的各种形状的异型件。只要横截面是矩形的组合或是圆及圆的一

部分的预制件,都可一次编织形成一个完全的整体结构,可避免由于组装而带来的种种问题,如纱线不连续使构件产生某些薄弱环节以及某些制件加工上的困难。因此,由预制件经复合固化制作的复合材料件,可达到最终制件的尺寸,无需再进行机械加工,避免了由于加工而造成的纤维及纱线的损伤,大大提高了复合材料的性能。③三维编织复合材料的性能可通过纱线结构的合理设计而得到提高。通过纱线结构的设计,改变三维编织预制件中的纱线编织角(编织纱线与轴向的夹角)和花节长度(在一个编织循环中所编织出的预制件的长度),就可以改变预制件中纱线的走向,从而改变复合材料的纤维体积含量与各个方向的性能等。同时,还可通过对纱线粗细、纱线的位置以及在需要进一步增强的方向上加入纱线等工艺设计,达到对复合材料力学性能和其他性能的调节作用。④可以对高性能纤维(如碳纤维、碳化硅纤维、石英纤维、玻璃纤维等)进行三维编织,以满足当前航空航天、船舶等领域对高性能纤维复合材料的迫切需要。⑤具有比传统复合材料更优良的力学性能,如三维编织复合材料的拉伸性能和弯曲性能等都比传统复合材料提高了许多倍。

目前,三维编织复合材料已在航空航天、船只、汽车、人造生理组织及其他领域得到应用,使复合材料科学跃上了一个新的台阶。

(八)无机头电脑横机

横机是一种平型纬编针织机,针床配置成“V”形。近年来问世的无机头电脑横机,是继手摇横机、自动横机和电子程序控制横机(电脑横机)之后的又一种新型横机。其外形与普通“V”形床相同,唯一不同的是取消了三角装置和相应的机头,并在每一舌针的下面安装了一个线性电动机,由它来驱动织针的往复运动。每一枚织针的运动都可进行单独控制,而线性电动机又是由计算机来控制的,在电脑系统内可储存 250 种走针轨迹,这样可根据工艺设计的要求通过计算机来控制每一枚织针的运动,不仅可完成成圈、集圈、浮线和移圈等动作,还可以进行毛圈、绣花添纱和网眼的编织。机上的沉降片也由线性电动机来控制,用于协助织针成圈。导纱器则由伺服电动机通过齿形带来传动,在导纱器轨道上与走针轨迹同步运行,以确保喂入纱线张力的一致。机上设有成圈系统 16 个,共有 80 个预先设定的密度,织造时可以在同一横列中任选其中的 30 个密度。由于取消了机头,在织造时就没有机头运动的惯性和机头运动的空程,因此,该机的运转效率、速度和自动化程度大大提高,其产量比其他先进的电脑横机可提高 1.5~3 倍。

(九)多轴向经编机

多轴向经编机是在双轴向(衬经衬纬)拉舍尔经编机的基础上发展而成的一种具有特殊用途的经编机。可根据需要编织多层多轴向经编织物,衬入的各向纱层可为各种普通原料的纱线,也可为高强度、高模量纱线。该机特点是除可沿经向和纬向衬入全幅纱线之外,还可利用在椭圆形轨道上作回转运动的梳栉铺放两个方向倾斜的斜向衬入纱线层,衬入的斜向纱线可在 $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 之间进行调节。每当编织一个横列时,进行斜向衬线的梳栉沿着同一方向移动一个针距,当梳栉到达针床头端时便换向继续运动,因此,织物的布边是光边。斜向衬线梳栉类似于部分衬纬的方式,是将纱线垫在织针的针背处,织针不会把纱线刺破。由于定向衬入的纱线层不会使纱线的机械物理性能受到损伤,因此,由多轴向经编机编织的织物在各个方向上具有较高的抗拉、抗剪切性能,各向强力均匀(类似于三向织机的织物,如图 2-57 所示),且织物重量轻,布面平整,易于涂层,通常作为纺织复合材料的基布,广泛应用于各类产业用布及航空、航天等高科技领域。

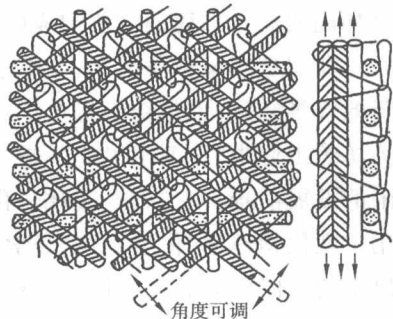


图 2-57 多轴向经编织物示意图

六、非织造布技术



所谓非织造布是指一种不经过传统的织布方法,而用有方向性的或杂乱的纤维网制造成的布状材料,它是应用纤维间的摩擦力或者自身的黏合力或外加黏合剂的黏合力,或者两种以上的力而使纤维结合在一起的方法,即通过摩擦加固、抱合加固或黏合加固的方法制成的纤维制品。

非织造布又称非织布、非织造织物、无纺布、无纺织物或无纺布,是一种崭新的纤维制品,也是纺织工业中最年轻而又最有发展前途的一个产业,被人们誉为纺织工业中的“朝阳工业”,是“一个激动人心的、潜力巨大”的新型领域,具有无限的发展前景。它综合了纺织、化工、塑料、化纤、造纸、染整等工业技术,充分利用了现代物理学、化学、力学等学科的有关理论与基础知识,成为纺织工业中派生出来的一门新兴的边缘科学。根据最终产品的使用要求,经过科学的、合理的设计结构和工艺设计,能生产出服装用、装饰用和产业用各种非织造布产品,并逐步替代传统的纺织品。其发展速度大大超过纺织工业的平均水平,大有后起争艳、方兴未艾之势。

非织造布技术的兴起虽是在近代,但这项技术的仿生学原理却可追溯到几千年前的中国古代社会,甚至比机织物和编织物的发展历史还要早。古代的游牧民族在长期的实践中发现和利用了动物纤维的缩绒性,掌握了制毡技术。他们用羊毛、骆驼毛等动物的毛,加一些如热水、尿或乳精等的“化学助剂”,通过脚踩或棍棒打击等机械作用,使纤维相互纠结,制成用于鞋、帽和床垫的毡制品,这种毡制品制造技术的延伸与发展,便成为现在的针刺法非织造布。

早在 5000 年以前,中国就己能将野蚕驯养和纯化成家蚕,利用蚕丝制帛,用于制作服装和服饰,这是利用蚕丝连接成网所制成的丝质非织造布,在原理上启示了今日的纺黏法非织造布的诞生。马端临(1254—1323)撰写的《文献通考》中曾记载:“宋太祖开宝七年(公元 973 年)5 月,开封府封丘县民程铎家,发蚕簇,有蚕联属自成被。”宋代也曾记载过“万蚕同结”,即蚕在一平板上吐丝结网成为板

茧。在清代文献《西吴蚕略》中曾详细地介绍了平板茧的制作方法：“蚕老不登簇。置于平案上，即不成茧。吐丝，满案光明如砥。吴人效其法，以制团扇，胜于纨素，即古之茧纸也。”

经考古学家考证，早在公元前 2 世纪，我们的祖先就受漂絮的启发发明了大麻纤维纸。漂絮是古代用丝制绵时，在衬垫的竹垫上留下的一层薄薄的丝絮。这种漂絮与湿法非织造布的生产原理十分相似。

非织造布的工业化生产是近一百多年的事情。1870 年，英国一家公司首先设计制造了一台针刺法非织造布样机。1892 年，有人在美国申请了气流成网机的设计专利。1900 年，美国 James Hunter 公司开始开发非织造布。1942 年，美国一家公司正式生产了数千码的黏合法非织造布，并首次使用了非织造布这个名词。

真正的非织造布工业现代化生产是在第二次世界大战后才开始的，随着战争的结束，全球百废待兴，各种纺织品的需求量越来越大。在此情况下，非织造布获得了迅速发展，迄今大致经历了四个阶段。第一个阶段从 20 世纪 40 年代初至 50 年代中期，是现代非织造布的萌芽期。在此期间，由于人民生活和工业生产对纺织品需求量的增大，人们利用粗纱头机和废纺梳理机将纺织厂的下脚原料和再生纤维等低级原料生产成纤维网，并将印染厂的浸轧机改为黏合剂浸渍机，对纤维网进行固结，这就是黏合法非织造布。与此同时，针刺法、缝编法、湿法等非织造布技术也处于研究试验或小规模应用中。在此期间，非织造布的产量微乎其微，只有美国、德国和英国等少数几个国家在研究与生产非织造布，其产品以粗厚的絮垫非织造布为主。第二阶段从 20 世纪 50 年代末至 60 年代末，这是非织造布的成长期，非织造布技术迅速转化为商业化生产。由于化学纤维工业的快速增长，聚酰胺纤维和聚酯纤维实现了工业化生产，化纤产量得到快速增长，从而有力地促进了非织造布技术的推广应用，使非织造布在全球范围内作为纺织工业的新分支地位被确定下来。全球非织造布产量从 1961 年的 4 万吨发展到 1970 年的 20 万吨，10 年间产量增加了 5 倍。非织造布的原料也开始从以天然纤维原料为主转向以化学纤维为主，其中使用量最大的是黏胶纤维。干法的化学黏合法、针刺法和缝编及湿法非织造布技术日趋成熟，而聚合物纺丝法非织布技术也在少数几个非织造布大公司实现了商业化生产，一些非织造布生产专用设备投入工业化生产，不仅提高了非织造布的产量，而且使非织造布产品品种也迅速扩大。第三阶段从 20 世纪 70 年代初至 80 年代末，这是非织造布的迅速发展期。在这 20 年间，在非织造布产量继续高速增长的基础上，非织造布技术也取得了许多实质性

的进展,引起世人瞩目,非织造布生产地域也迅速扩大。至此,在全球已形成非织造布产量达到 152 万吨、产值超过 50 亿美元的新兴工业,这是建立在石油化工、塑料化工、精细化工、造纸工业及纺织工业等部门大协作基础上的新兴行业,被誉为纺织工业中的“朝阳工业”,其产品 in 国民经济各部门得到了广泛的应用。在此期间,纺丝成网、熔喷法非织造布技术 in 生产中得到迅速推广应用,机械制造业也纷纷向市场推出成套的纺丝成网、熔喷法非织造布生产线。干法非织造布技术在这一时期也有了重要的进展,水刺法非织造布投入了商业化生产,泡沫浸渍黏合、热轧黏合等技术得到推广应用。非织造布生产使用的专用合成纤维,如低熔点纤维、热熔结纤维、双组分纤维等先后面世,使非织造布产品的应用领域进一步扩大。第四阶段从 20 世纪 90 年代初至今,仍在延续中,这是非织造布的高速发展期。在这一时期,非织造布发展的特点是:非织造布工业得到进一步的巨大发展,发达国家的非织造布产量继续稳步增长,而发展中国家非织造布工业的迅速崛起更推动了全球非织造布工业的持续发展;非织造布新技术的开发应用加快,在非织造布生产地位得到加强的基础上,随着高新技术的进步、化学纤维工业的进步以及环境保护意识的增强,出现了许多非织造布的新技术、新工艺、新设备、新原料 and 新产品。例如,水刺法非织造布技术实现了商品化生产,不同类型的水刺、针刺生产线相继投入使用;SMS 复合生产技术迅速推广应用;双模头纺丝成网生产线逐渐推广应用;干法造纸非织造布技术迅速推广,有超过湿法非织造布的趋势;速度高达 3 000 次/分的针刺机、生产速度大于 500 m/min 的纺丝成网生产线、可生产定量达 400 g/m² 的水刺法非织造布生产线等新设备的投入使用,大大提高了非织造布的产量、质量和品种。

非织造布之所以能获得如此的发展速度和得到这样广泛的应用,是与它的以下突出优点分不开的:

第一,工艺流程短、劳动生产率高。非织造布的生产工艺流程短,一般可在一条连续生产线上进行,有利于实现生产的连续化、自动化。国外有人利用计算机对非织造布生产进行全过程的自动控制,为无人化工厂奠定了基础。非织造布生产由于生产流程短,大大缩短了生产周期,提高了劳动生产率。特别是采用纺丝成网法,实现了从聚合物到布的连续化生产,工艺流程更短。来自化工厂的聚合物切片投入进料仓后,数小时后便可得到非织造布的成品,极大地提高了劳动生产率。

第二,生产速度高、产量高。若以自动有梭织机的平均生产率(5 米/台时)作为 1,则缝编法非织造布为 90,针刺法为 125~360,黏合法为 600,热轧黏合法为

1 800, 纺丝成网法为 2 000, 湿法为 2 300~10 000, 产量相应提高 90~10 000 倍。非织造布的幅宽是机织物的数倍, 实际产量(按平方米计算)则更高, 这是所有现代化织机或针织机所望尘莫及的。

第三, 可应用的纤维范围广。几乎每一种已知的纺织纤维原料都可应用于非织造布的生产。无论是天然纤维、化学纤维以及它们的下脚纤维, 还是难以用传统纺织方法加工的石棉纤维、玻璃纤维、碳素纤维、石墨纤维、金属纤维或是耐高温的芳香族聚酰胺纤维、涂硅中空聚酯纤维、超细纤维、异形截面纤维等, 都可在非织造布的设备上加工, 而且纤维的长度、细度不受限制。

第四, 工艺变化多, 产品使用范围广。目前, 非织造布的主要生产方法已有 10 余种, 每一种方法又有许多工艺变化的可能性, 例如缝编法非织造布就有 10 种以上的缝编工艺变化。而每一种非织造布的生产方法可与其他方法组合应用, 如针刺与缝编、针刺与黏合等。非织造布的前加工(成网)也有许多变化形式, 有杂乱成网, 有纤维平行排列的单层纤维网或交叉折叠的多层纤维网等。非织造布的后整理加工也同样有许多变化的可能性, 如印花、染色、涂层、叠层、轧花等。因此, 通过对纤维原料、成网方式、纤维网加固方式、后整理方法等的适当选择与组合, 可得到变化无穷的非织造布生产工艺, 制造出各种各样的非织造布产品。这样, 可根据产品的不同用途与要求, 选择最合理的加工路线, 扭转传统纺织品生产设计中限制多、变化有限的被动局面, 并有利于运用电子计算机进行纺织品的设计, 更合理地利用原料, 因而可达到降低生产成本、提高产品质量、节省能源的目的。非织造布的种类繁多, 用途也日新月异, 日益深入国民经济的各个部门, 深入每个人的日常生活。

非织造布的分类有多种方法: ①按产品定量分, 可分为薄型和厚型。②按产品用途分, 可分为服装用(服装、鞋帽用)、装饰用和产业用(包括医用、卫生保健用、工业用、土木建筑工程用、汽车工业用、农业与园艺用、军事与国防用等)。③按加工方法分, 可分为干法非织造布、湿法非织造法和聚合物挤压法非织造布(见表 1)。干法是指纤维在干态下利用机械梳理成网, 然后用机械、气流、静电或它们的结合方式形成纤维网, 再用机械、化学或热的方法加固而成非织造布的方法; 湿法是指纤维在水中悬浮的湿态下, 采用造纸的方法, 即利用水流形成纤维网, 再用机械、化学或热的方法加固而成非织造布的方法; 聚合物挤压法是指将聚合物高分子切片通过熔融挤压(纺丝、熔喷、薄膜挤出等)加工而直接成纤维网, 再把纤维网加工成非织造布的方法。④按纤维网形成方法分类, 可分为纤维网机械加固、纤维网黏合加固和叠层加固非织造布三大类(见表 2)。

表 1 非织造布按加工方法分类

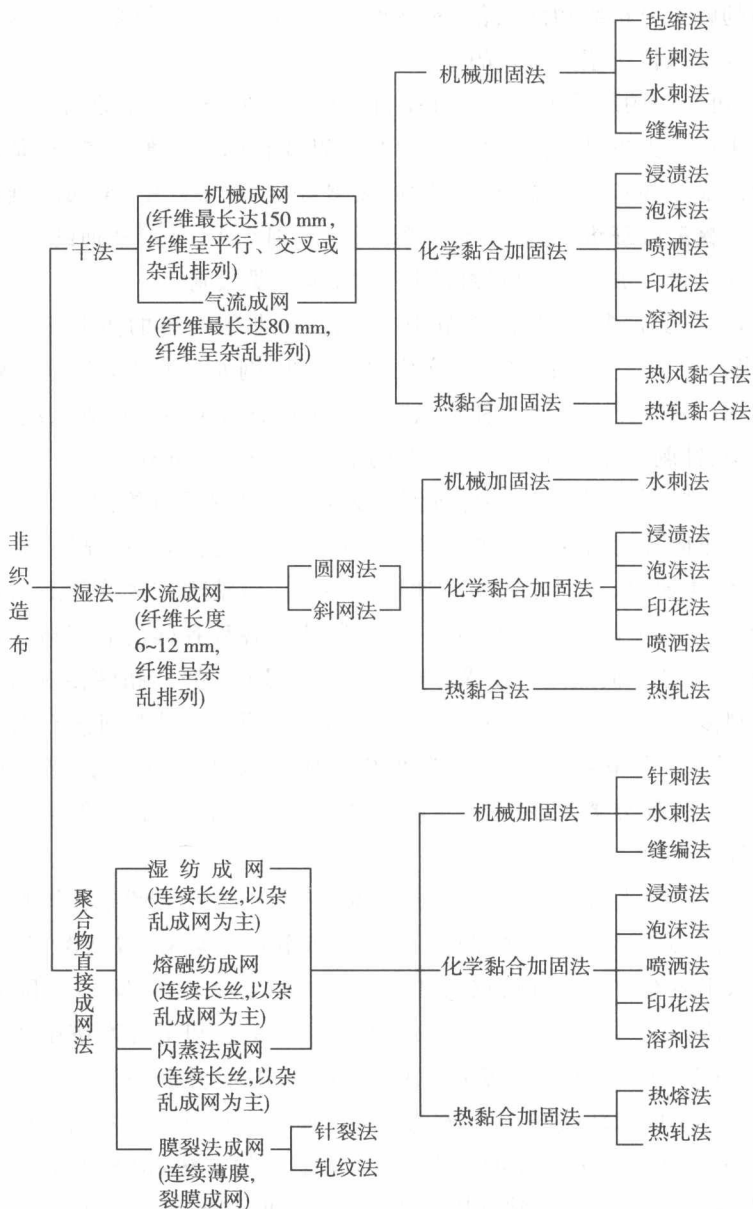
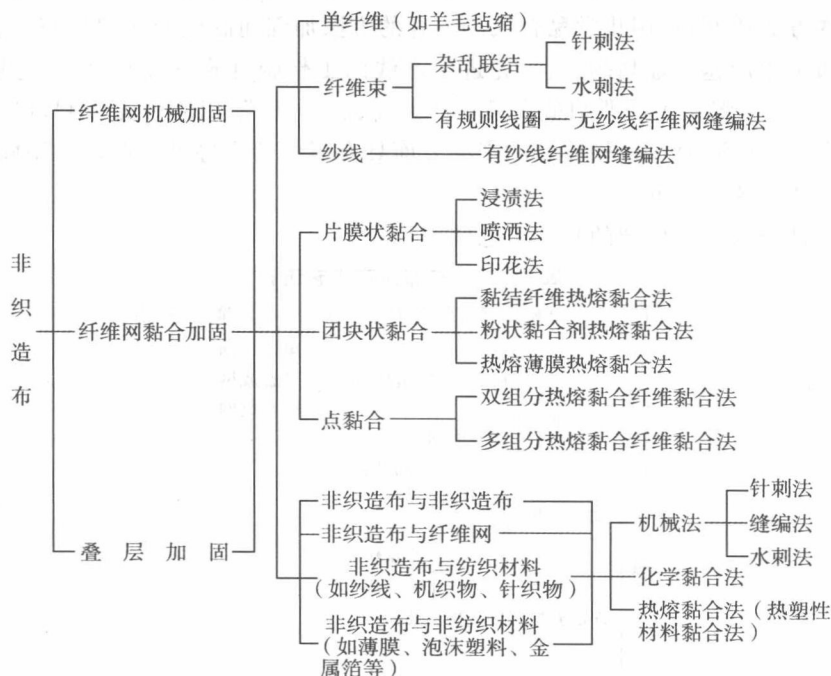


表 2 非织造布按纤维网形成方法分类



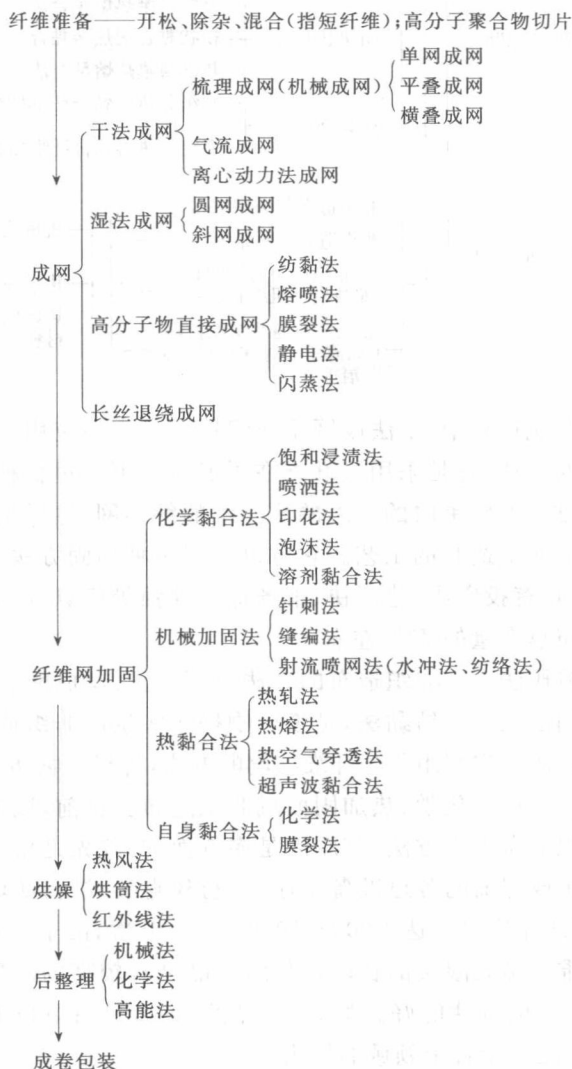
在三种成网非织造布中,干法成网是非织造布生产中应用范围最广、发展历史最长的一种生产方法,它是采用短纤维在干燥状态下经过机械、气流、力学、静电或它们的结合方式形成单向的二维的或三维的纤维网,然后用机械、化学或热的方法加固而成的非织造布的工艺。它可以应用多种加固方法,加工多种纤维,生产各种产品,并具有投资小、建厂快、市场适应性强等优点,因此,被广泛采用,其产量占非织造布总产量的70%左右。

采用聚合物挤压法生产非织造布的方法,可分为纺丝成网法、熔喷法和膜裂法三类。纺丝成网法又称为纺黏法,是聚合物挤压法生产非织造布中最重要、应用最广泛的一种方法。它利用化学纤维纺丝的方法,将聚合物纺丝、牵伸、铺叠成网,再经自身黏合或机械、化学、热加固而成非织造布。目前,该方法成为发展速度最快的一种非织造布生产方法,其原因是多方面的:首先是由于它的工艺流程短,产量高,取消了成网前的各道准备工序,由纺丝直接成网;纺丝机能高速化连续生产,一条生产线年产量可达1000~10000吨。其次,由于纺丝成网法非织造布中的每一根纤维都是无限长的长丝,因此,产品具有较高的断裂强度和较大的断裂伸长率,产品的机械性能好。第三,产品的适应面广;单位面积重量范围为8.5~2000 g/m²,适合于各个领域的使用。

湿法非织造布又称为造纸法非织造布,是指纤维在水中悬浮的湿态下,采用造纸的方法成网,再用化学黏合或热黏合的方法加固而制成的非织造布。它是非织造布中生产速度最高的一种,先进生产线的工作幅度宽达 4 m,生产速度高达 400 m/min。湿法生产非织造布具有产量高、成本低、使用原料无限制,以及在生产轻定量、高均匀度、蓬松度好的产品方面具有很大的优势等特点,是“用即弃”非织造布的主要生产方法。

各种非织造布生产的具体工艺流程见表 3。

表 3 非织造布生产工艺流程



非织造布的应用范围很广,上到天文,下至地理,无所不包,渗透到国民经济的各个领域和人们日常生活的方方面面。在服装用方面,有服装衬里、内衣、外衣、保暖絮片和服装标签;在装饰用方面,有室内装饰用贴墙布、针刺壁毯、台布、窗帘和帷幔、家用包覆布、地毯、铺地材料和地毯底布等;在产业用方面,有卫生保健和医疗用的包扎性与非包扎性非织造布,以及卫生用(尿布、妇女卫生巾、揩擦布等)、建筑用(土建、建筑防水漏与隔音)、过滤用、绝缘材料用、工业抛光材料用、合成革用、汽车制造工业用、纺织与造纸工业用、黏合带与包装材料用、农业用及其他用途(绒布、专用“纸、香烟过滤嘴、叠层材料、军用”等)非织造布。也就是说,凡是传统纺织品使用的领域都有非织造布的足迹,且在某些方面,如成本、产量、价格和使用的原料等方面都具有较强的竞争优势,所以,说它是“朝阳工业”并非言过其实。

非织造布自20世纪40年代问世以来,其技术进步和发展速度令世人瞩目,特别是从20世纪80年代初开始,每年以7%~10%的速度发展着。它虽属纺织工业的一个分支,但现已发展成为一个相对独立、最有朝气的生产行业。2000年,全世界非织造布产量已达到300万吨左右,其中美国、西欧和日本的产量约占总产量的85%,亚洲的其他国家和地区、南美洲等地虽然起步较晚,但近20年来的发展速度非常快,年增长率高达10%~15%。中国从1958年开始对非织造布进行研究,1965年在中国上海首先开始工业化生产;20世纪70年代进入初期发展阶段,到了20世纪80年代,中国非织造布得到快速发展,年平均增长率高达28%;1990年产量达到6万多吨,并拥有包括纺黏法、熔喷法、射流喷网法等在内的各种工艺和设备;1997年的产量已达到25万吨左右,在亚洲仅次于日本,并在国民经济的各个部门得到了广泛的应用。

目前,非织造布还在不断的发展之中,其发展的总趋势如下:①非织造布技术发展和设备更新的速度加快,各种工艺和设备的技术水平日新月异,设备更新的周期已缩短到5年左右。其性能、效率、精度、在线检测和自动化程度等方面有显著的提高,不断出现新的组合工艺和技术。②新的原料不断出现,并向专业化的方向发展,加上新技术、新工艺和新设备的应用,非织造布的产品质量和产品档次不断提高,其应用领域不断拓展。③新技术、新设备和专用纤维,结合新的黏合剂、各种新型助剂以及涂层、层压等复合技术以及后整理技术的应用,使其产品具有独特而优良的性能,成为满足高新技术要求的新型功能材料。④随着科学技术的快速发展和非织造布技术的不断完善与提高,非织造布技术与经济正在向国际化市场化方向发展,展开优胜劣汰的激烈竞争,从而促进世界范围内非织造布技术水平的均衡发展。

七、纺织品



(一) 纱线产品

在近代,随着纱线的品种、质量和对产量的需求不断增长,我们应面对这一客观形势发展的需要,开发纱线新品种,重点应是:要继续提高产品的附加值和市场竞争能力,并使产品开发紧紧围绕创新、质量和快速反应这3条主线,实现全面与国际市场接轨。也就是说,纱线新品种的开发是市场发展的需要。纱线新品种开发的主要内容是:①原料多样化。纤维是组成纱线的基本元素,各种纺织纤维都具有各自的性能,如何合理选用纤维原料,是开发纱线新品种应首先考虑的问题。一般都是根据纺纱系统来选用纤维,随着化纤工业的快速发展,各种化纤都可不同的纺纱系统得到应用,给纱线新品种的开发提供了物质基础。不同种类的纤维可以取长补短,使成纱总体质量水平有所提高。采用多种纤维混合纺纱,不仅可大大提高纱线的内在质量,增强外观特征,而且可赋予纱线许多新功能,如吸湿、透气、阻燃、抗静电、抑菌、防紫外线、保健功能等。因此,原料多元化一方面表现在传统纤维的组合搭配上,采用不同性能的纤维,生产不同品种、不同用途的纱线;另一方面是新纤维与传统纤维的混纤、混纺、复合、合股,赋予纱线新的外观和内在品质,最终提高面料和服装的服用性能,改善外观效果,也打破了传统产品的界限。②纱线结构形态多样化。随着纱线用途的多样化和外观时尚化的发展要求,机织和针织产品对纱线的要求也越来越高,有的要求纱线条干均匀、洁净、毛羽少、无结头;有的需要人为地制造纱线不匀,如花式纱的结子纱、大肚纱、圈圈纱、竹节纱、波形纱、辫子纱、绳绒纱、牙刷纱、毛虫纱、带子纱、蜈蚣纱、羽毛纱等。因此,除了要提高普通纱的质量外,还应大力发展各种新型纺纱技术,并开发特殊结构形态的花式纱,如转杯纺、紧密纺、喷气纺、摩擦纺、赛络纺、赛络菲尔纺、缆形纺、平行纺等,借助这些新型纺纱设备,可以生产结构形态多样化的纱线品种,满足各种面料对纱线的特殊要求,以此来提高面料和服装的服用性能、附加值和市场竞争能力。③产品功能化。以人为本已成为当今消费的理念,产品功能化是人们

选择消费品时首先考虑的问题,也是市场发展趋势。就纺织产品而言,将各种具有不同性能的纤维进行混纺,再用这种混纺纱生产面料(机织物、针织物),就可获得各种特殊功能,如防雨、防蛀、保暖、隔热、防霉变、防臭、防辐射、阻燃、保健等。产品的功能化可由多方面因素构成,除使用纤维来实现纺织品功能化外,还可采用新型纺纱和织造技术、层压复合技术、新型的后整理技术等来实现。其中,新型纤维的应用和新型纺纱技术的采用是使纱线功能化的主要内容,也是纺织产品功能化的关键所在,而新型织造技术、层压复合技术和新型后整理技术是纱线功能化的延伸与补充。④技术复合化。新型纺纱方法的相继问世,为技术复合提供了物质条件。打破传统的纺纱方法,将传统的纺纱主法与新型纺纱方法进行有机地结合,如空心锭花式捻线机就是将传统的4道加工工序合并为一道,这就要求新产品开发人员的思维具有敏锐性、灵活性、联想性、独特性和派生性。除了在花型、色泽上不断翻新外,对于新颖纺织品的开发策略,可以从合并功能、高效形象、消费心理、环保、保健、节能、方便、外观差异等方面来考虑,要实现产品开发的策略,仅靠传统的工艺技术还是不够的,需要在技术复合方面多做工作,如不同种类和性能纤维的混纺等。

1. 花色纱线

花色纱是20世纪下半叶开发出来的纱线新品种。随着新技术的迅速发展和应用,在国内外纺织品市场上都出现了对新、奇、特织物结构的追求和对流行色彩的喜爱。改善和更新服装面料,特别是装饰织物的外观效应,除了改变原料配比、变换织物的纱织结构、改进整理工艺之外,更经济、更有效的方法就是革新纱线染色的工艺,生产出品种更多、色彩更丰富的花色纱。花色纱可分为两类:一是色纺,即由散纤维(或毛条)染色后纺制的纱线;二是间隔染色法(纤维条或纱线),这种花色纱的染色法是比较新颖、经济、使用普遍、效果理想的方法。后者又可分为间隔印色法生产的花色纱、印色拆编法生产的花色纱、喷溅染色法生产的花色纱和压注染色法生产的花色纱等。

2. 花式纱线

花式纱线一般由芯纱、饰纱和固纱三部分组成。芯纱又称基纱,是构成花式纱线的主干部分,被包覆在花式线的中间,是饰纱的依附件,它与固纱一起形成花式纱线的强力。在捻制和织造过程中,芯纱承受着较大的张力,因此,一般应选择强力较好的纺织材料。芯纱可以用一根,也可以用两根,在使用单根芯纱时,一般选用较粗的涤/棉纱或中长纤维纱。饰纱又称效应纱或花纱,是构成花式线外形的主

要成分,一般占花式线重量的 $1/2$ 以上。花式线的色彩、花型、手感、弹性、舒适性等性能特征主要是由饰纱来决定的。包缠饰纱的方法一般有两种:一种是常用的方法,即利用加工好的纱、线或长丝,在花式捻线机上与芯纱并捻,产生花式效应,形成纱线型花式线;另一种是利用条子或粗纱在带有牵伸机构的花式捻线机上或经过改造的环锭细纱机上,与芯纱并捻,产生花式效应,形成纤维型花式线。也有一些花式线在捻制过程中,芯纱和饰纱是相互交替的,即在此区间内是芯纱,在临近的另一区间内又变成饰纱,双色结子线和交替类花式线等就是采用这种方法制造的。固纱又称缠绕纱或包纱、压线等。它包缠在饰纱的外面,主要用来固定饰纱的花型,以防止花型的变形或移位。固纱一般选用强力较好的低线密度的涤纶、锦纶、腈纶纱或长丝作固纱。由于它紧固在花式线的轴芯上,仅与饰纱表面产生摩擦,与芯纱基本上不接触,但纱线受到张力时,主要由芯纱和固纱共同构成花式线的强力,因此,固纱一般要求选用细而强力高的锦纶或涤纶长丝作为原料,当然也可根据产品的要求选用毛纱或绢丝为原料。有时也有特殊情况,如为了增加花式线的彩色效应,也可选用间隔染色纱作固纱,在此情况下,也可选用较粗的固纱。

花式纱线的品种较多,可分为短纤维花式纱和长丝花式纱两类。短纤维花式纱线是花式纱线产品中的一大类。它包括在花式纱线织物中常见的、已大面积推广的粗节类纱线、圈状类纱线和螺旋类纱线以及各种特殊的花式纱线。这类纱线是利用各种天然纤维或化学纤维,在常规或特殊的纺纱机上附加一种装置纺制而成的。为了使其呈现出不同的颜色,也可采用各种不同色泽的纤维或具有不同着色性能的原料或纱线纺制。其品种有:①前纺设备上生产的花式纱。由于前纺工序单机的生产能力较高,半成品单位长度的重量较重,因此在这些工序加入花式原料或构成花式纱线外观的半成品,可使成纱获得比较明显的花式效果。在棉纺或毛纺的前纺设备上生产的花式纱主要有结子花式纱、竹节花式纱、雪花纱、彩点纱、螺旋状包芯纱、须片状包芯纱、绢纺竹节花式纱、折皱粗节花式纱、螺旋纱等。②环锭细纱机生产的花式纱。主要品种有竹节纱、粉点纱、结子纱、粗节纱、间隔螺旋纱(粗松螺旋纱)、毛圈纱、膨体竹节纱、圈圈纱、珠圈纱、大肚纱等。③涡流纺纱机生产的花式纱。主要品种有螺旋竹节纱、复合线圈花式线、包芯竹节纱、包芯纱等。④转杯纺纱机生产的花式纱,主要品种有彩点纱、竹节纱、包芯纱等。⑤摩擦纺纱机生产的花式纱。主要品种有包芯纱、多组分混色纱、复合纱、结子纱、彩点纱、大肚纱、粗节纱等。⑥喷气纺纱机生产的花式纱。主要品种有包芯纱、包缠纱等。⑦赛络纺纱机生产的花式纱。主要品种有包芯纱、竹节纱、花点纱等。⑧平行纺纱机生产的花式纱。主要品种有结节纱、圈圈纱、双向包缠纱、毛茸纱、

波波纱、螺旋纱等。⑨花式捻线机生产的花式纱。主要品种有以下6类:第一类为花式平线(如金银丝花式线、多彩交并花式线、粗细纱合股线等);第二类为超喂型花式线(如圈圈线、波形线、毛巾线、辫子线等);第三类为控制型花式线(如结子线、双色结子线、鸳鸯结子线、长结子线、间断圈圈线、粗节线等);第四类为复合花式线(如结子与圈圈复合的花式线、粗节与波形复合的花式线、绳绒与结子复合的花式线、粗节与带子复合的花式线、断丝与结子复合的花式线、大肚与辫子复合的花式线等);第五类为断丝花式线(如纤维型断丝花式线、纱线型断丝花式线等);第六类为拉毛花式线(如圈圈拉毛花式线、波形拉毛花式线、平线拉毛花式线等)。

⑩绳绒机生产的花式线。主要品种有单色绳绒线、双色绳绒线、珠珠绳绒线等。

⑪钩编机生产的花式线。主要品种有羽毛线、牙刷线、松树线、毛虫线、蜈蚣线、带子线、加捻带子线等。

⑫小针筒织带机生产的花式线。主要品种有常规带子线、圈圈线、羽毛线、包芯带子线等。

长丝花式纱是在纺制化学纤维的过程中,利用一些特殊的技术方法或设备,或者直接利用已有长丝作为原料而纺制的花式纱。利用长丝纺制花式纱比较经济,不需要很复杂的设备和操作技术,易于制造,而且生产效率高,成本低,得到了广泛的应用。其品种有:

①在纺丝工序中纺制花式纱。主要品种有人造丝粗节花式纱、人造丝矩形粗节花式纱、疙瘩花式纱、珠状粗节花式纱、变旦花式纱、鳞片状花式纱、长丝羽毛花式纱、仿真丝竹节花式纱等。

②利用吹捻变形法纺制花式纱。主要品种有羽毛状竹节花式纱、丛状线圈花式纱、双宫式花式纱、不规则粗度的竹节纱、混色花式纱、圈状竹节花式纱、特殊竹节花式纱、线圈竹节花式纱、膨化竹节纱等。

③利用假捻变形法纺制花式纱。主要品种有变化捻度花式纱、仿短纤羽毛花式纱、混色雪花纱、热收缩竹节纱、波浪捻杂色纱、卷缩膨体纱等。

④包芯花式纱。主要品种有包芯纱、仿竹节膨体包芯纱、藕节状包芯纱、线圈包芯纱、仿天然纤维包芯纱等。

⑤利用热熔法纺制花式纱。主要品种有变形花式纱、膨体纱等。

⑥利用其他方法纺制花式纱。主要品种有螺旋包覆纱、蕾状竹节纱等。

3. 变形纱线

利用物理的方法可使化学纤维产生卷曲变形,以获得天然纤维的优良性能。经过不断的改进与完善,可以在特殊的设备上直接纺制成具有弹性、蓬松性及特殊外观性能的变形丝,或是利用普通的化纤长丝,经过混纤等物理方法,加工成不同外观、不同形态的变形纱,为合成纤维长丝的发展与拓宽应用领域开辟了新纪元,更加丰富了纺织产品的花式品种,已成为当前开发新产品的一个重要趋势与方向。变形加工所用的长丝主要为合成纤维,以涤纶居多,锦纶次之。近些年来,

由于羊毛资源紧缺,而且价格昂贵,丙纶变形纱(BCF)发展很快,主要用于代替羊毛纱生产机织地毯。变形纱有4类:①连续假捻变形纱。它是在假捻变形加工过程中,将对许多由单丝组成的复丝进行加捻,使各根单丝呈螺旋卷曲状态并进行热定型,然后将加捻的复丝反向旋转,进行退捻,从而大大改善长丝的外观,提高丝束的蓬松性和弹性,成为具有高伸缩性、高蓬松性的假捻变形纱。一般以锦纶长丝为原料,适合应用于伸长大、弹性好的各种针织内衣和运动衣,但由于这种假捻变形纱(高弹丝)弹性伸长过大,且弹性伸长不够稳定等,一般不宜用于织制外衣。②空气变形纱。利用空气变形技术可直接生产仿毛、仿棉、仿丝、仿麻等各种纺纱型的变形纱,而且具有短纤维纱的特点,同时,由空气变形纱织制的织物在尺寸稳定性、抗起球性等方面有所改善,而且只要改变某些工艺参数,就可改变空气变形纱某些性能和织物的风格,如将细旦空气变形纱织物经过特殊的后整理加工,使其风格新颖、织物挺括、毛感强,基本兼备天然纤维和合成纤维的优点,深受消费者的欢迎。空气变形技术,如附加花式装置,可变形加工竹节纱、包缠纱、丝圈纱和粗粒纱等种类繁多的花式纱,使其应用领域进一步扩大,是一种发展前景十分看好的变形纱。③填塞箱变形纱。填塞箱变形法是目前世界上广泛应用的热塑型合成纤维长丝变形加工和短纤维卷曲加工的方法之一。目前,应用于长丝变形加工的填塞箱主要有:美国 Allied 化学公司的斯本奈兹组合机,加工纤度 50~250 tex,加工速度 300 m/min;泼拉脱公司 983 型机,加工纤度 10~580 tex,加工速度 500 m/min;英国 Scragg 公司的机型,加工纤度 50~500 tex,加工速度 500 m/min;德国富内公司 TCK-2 型,加工纤度 100~440 tex,加工速度 600 m/min。④热流变形纱,这是一种新型的变形技术,它的原理是热流通过变形喷嘴将长丝束填塞形成三维卷曲的连续膨体长丝纱(Bulked continuous filament,简称 BCF 纱)。目前的加工速度一般为 1 800~2 500 m/min,最高可达 4 000~6 000 m/min。BCF 纱是加工簇绒地毯的主要用纱,而簇绒地毯约占世界地毯产量的 75%,所以 BCF 纱处于持续不断的增长之中,而且 BCF 产品从粗旦(400 tex 左右)逐步向细旦(110~220 tex)方向发展,单丝线密度也从 20 dtex 左右变为 11~20 dtex。因此,BCF 除了用于地毯之外,还广泛用于其他装饰织物,在变形纱生产中处于持续不断增长的趋势。⑤网络变形纱。网络变形加工是指在特殊喷嘴内,用高速气流垂直射向喂入丝束,使单丝之间产生相互纠缠和缠绕,从而增加丝束抱合性能的一种加工方法。采用网络变形可以免去常规的上浆或是加捻过程,工艺流程短,质量有保证,生产效率高,并可降低生产成本。因此,网络变形在纺织工业各个领域得到了广泛的应用,可以加工极细的针织用纱、一般细度的机织面料用纱和极粗的地毯用纱。网络不仅可用于纺丝、拉伸—变形,

还可以用于络纱及拉伸整经工序,在纱线加工中也常采用网络变形工艺。现在网络加工使用的范围很广,不仅可以加工低弹丝 DTY,而且还能加工预取向丝 POY、拉伸丝 FDY、BCF 地毯丝和混纤丝、花式线等。应用的品种有仿毛、仿丝的机织物和针织物等。采用网络丝加工成的缝纫线,具有尺寸稳定、不起球、无捻度、牢度好、纱线不打圈扭结等优点。利用网络技术可加工长丝成仿短纤维纱,或是将长丝拉断,然后对短纤维进行网络,也可以将天然纤维混入长丝中一同进行网络,形成仿短纤维纱。

4. 弹力纱线

弹力纱线可用于针织或机织(一般机织物氨纶的混用比占织物重量的 1%~5%,针织物为 5%~10%),可织造多种性能和用途的织物,用于加工体操服、游泳衣、滑雪服、球衣、衬裙、短裤、牛仔裤、弹力胸罩、束腰带、紧身连衣裙、机织弹性带、针织弹性带、编织弹性带及各种弹性袜等。弹力纱线的主要品种有氨纶包芯纱(包括环锭纺氨纶包芯纱、转杯纺氨纶包芯纱、赛络纺氨纶包芯纱、涡流纺氨纶包芯纱等)、氨纶包覆纱、氨纶合捻线等。

(二) 织物产品

1840 年前后,随着外国动力机器生产的纺织品大量涌入中国市场,传统的手工纺织业受到了很大的冲击,从而引起了激烈的变革。一些政界、商界人士纷纷从国外引进设备和技术,聘请“洋人”或回国留学生作技术顾问,仿照“洋货”生产新式纺织品,而传统的手工纺织业者也不甘落后,纷纷对土布、土绸进行改良,并进而购置动力纺织机器,发展机器生产的纺织品。在这种变革中,由于借鉴了国外纺织品的长处,发扬了中国传统手工业纺织品的特点,使纺织品的种类和花式都有了长足的增长和进步,为国内纺织品市场提供了一大批新产品和名牌产品(如 1862 年的“鼎茂”“天茂”“天和”等),有力地推动了中国纺织业的发展。例如,1750 年,法国首先在里昂市场上推出灯芯绒织物,这种织物以其独特的外观、手感和光泽,立即引起了上层阶级、贵族们的兴趣,被认为是高贵的纺织品,并将其与王室贵族们所穿着的丝绸、天鹅绒相提并论,于是灯芯绒很快就流传到世界各地。其后,1755—1790 年间,英、美和西欧各国也相继研制出灯芯绒,19 世纪末,日本、瑞士、意大利等国也先后开发出各种规格的灯芯绒。我国在新中国成立前只有很少量的生产,1953 年和 1954 年在上海和常州首先投入生产,接着,沈阳、

天津、北京等地都投入批量生产,现在中国已成为生产灯芯绒的大国,灯芯绒成为我国出口纺织品的主要品种之一。

1. 棉织物产品

中国近代的棉织物主要有三大类:一为手工棉织物,即“土布”,它是由手工纺制的“土纱”在手工织机上织造的;二是机制棉织物,即“洋布”,它是用机纺的“洋纱”在动力织机上织造的;三是“改良土布”或“仿机制布”,它是采用机纺纱在改良的手工织机上织造的。土布因其经纬纱均采用手纺土纱在手工织机上织造,质地粗厚、布幅较窄,一般为1~1.15尺,又常称为“小土布”,各地生产的小土布品种繁多,有“土经土纬”“洋经土纬”和“洋经洋纬”等,规格不一,纱支多为14~16英支,布幅1尺左右,疋长为18尺,头份在850~1000根之间,名称也各异。如按其用途可分为官布、商品布和自用布。其中商品布在土布中占的比例较大,也有少量织造精细的品种,如帆布、云布、斜纹布等,多为少数达官和富户所专用,因此在市场上流通量很少,而流通量大的则为标布(亦称大布或东套)、扣布(亦称小布或中机)、稀布(亦称阔布)三种。这些土布大都为本色,只有少量是先织后染的色布。到20世纪初,由于在中国建立了一批动力机器纺织厂,才开始出现手工织造的改良土布,可用土纱或洋纱作经纬纱,但以洋纱为主,多以双股线作经,单纱作纬,布幅达到2尺左右,比较有代表性的产品有:浙江宁波产的甬布,幅阔1.8~2尺,疋长20~30尺,用32或42英支双股线作经,16英支单纱作纬;安徽的厂布,布幅为1.6~1.8尺,疋长46~50尺,经纬纱均为20英支单纱。

2. 丝织物产品

中国近代的丝织物可分为两大类:一类是用手工缫丝制的土丝在手工织机上织造的“土绸”;另一类是用动力机器缫丝机上缫制的厂丝在动力织机上织造的“洋绸”。但是,有些特殊品种的土绸是洋绸无法替代的,故在丝绸中仍保持有一定的比例。手工丝织物根据其织物的组织结构和织造工艺的不同可分为绸、缎、罗、纱、绒、绫、锦八大类产品。比较有名的产品,绸类中有:南京产的宁绸,杭州产的杭绸、杭纺、线春、线绉(1880年就有大红梅蝶、脂青梅兰、脂青梅蝶、三蓝八吉、三蓝云鹤、脂青鹤桃、二蓝龙光、二蓝福寿、三蓝云蝶、三蓝福桃、库灰锦琴、大红梅菊等12种),湖州产的湖绉(在1880年湖绉有34种之多),广东省佛山、顺德和南海等地产的拷绸(亦称“苎纱绸”“香云纱”),辽宁和山东产的茧绸以及用废丝手工纺纱织成的绵绸(平纹粗绸)。缎类中有:南京产的宁缎(约有15种),杭州产的杭缎(约有3种)和苏州产的苏缎(约有40种)。罗类中有:杭州产的杭罗(约有12

种),盛泽产的秋罗、串罗和熟罗。纱类中有:苏州产的实地纱、淮地纱和芝地纱等,杭州产的亮地纱、实地纱和官纱等,盛泽产的纱类品种更多。绢类中有盛泽产的文绢、连绢、串绢、糙绢等,这些品种均为由生丝织成的平纹织物,多数经过练染踹光整理,也有不经练染整理的,如画绢。绫类品种较多,仅盛泽所产的绫类品种就有6个。锦类产品是指先染丝后织造的多彩提花丝织物,传统的品种有宋锦、云锦(包括库锦、库缎和妆花缎三大类)和蜀锦。云锦原产于南京,品种名称繁多,苏州产的锦类丝织物品种也较多。绒类丝织物是指其表面具有绒毛或绒圈的丝织物,其中以建绒、漳绒和漳缎较为有名。随着厂丝的出现和动力丝织机的采用,丝绸品种越来越多。

3. 毛、麻织物产品

中国手工毛纺织业的发展比较缓慢,到了近代,也只能生产传统的手工地毯、毡制品、土呢和毛口袋等少数品种。鸦片战争后,虽然建立了几家动力机器毛纺织厂,但所生产的毛织物多系模仿国外进口的洋呢,致使生产的许多毛织物名称采用外语的音译,如麦尔登、凡立丁等。粗纺产品多为低档的粗厚织物,供制作军服、军毯、军旗和号衣等军用品用。

中国近代麻织物除用作衣料民用外,还用于运输包装等方面。苧麻织物系用手工将半脱胶的苧麻韧皮撕劈成细丝,头尾捻绩成纱,再用手织机织造,其中以夏布为主要品种,主要产地为江西、湖南、四川三省,其次为山东、广东、福建、江苏等省。夏布幅宽为1~1.7尺,正长为42~122尺,除民间作为夏季服装外,也可用作蚊帐布。大麻织物常用于缝制成包装用袋,黄麻织物常用于制作麻袋和包装材料。

4. 针织产品

中国的针织工业是从生产袜子开始的,以棉纱为原料,由于没有袜尖、袜跟,故须将织出的直筒剪成斜面,再经手工缝制而成袜子。不久才开始生产男、女中腰直筒棉纱袜,袜尖用钩针或民用针缝合,但脚跟拐弯处不提针。直到辛亥革命后,上海、广东等地才出现电力袜机。1906年,福建的上海景纶衫袜厂开始生产锦地衫、椒地衫、桂地衫等针织内衣,一般使用32英支棉纱织造,由台车生产单面针织坯布经裁剪缝制而成内衣。

中国的毛巾生产始于19世纪70年代。1875年,湖北汉阳就有4家织户生产毛巾,这种毛巾是类似于斜纹布的平板织物,表面无毛圈。1894年,湖北织布局生产的毛巾是一种蜂巢结构,采用凹凸组织,易于吸湿,直到1910年才有起毛圈

组织的毛巾问世。其后,中国的毛巾(以面巾和浴巾为主)发展迅速,上海及其邻近各县成为毛巾生产的基地。

(三)生态纺织品

生态纺织品又称绿色纺织品,是“绿色工程”内容之一,它发端于1987年联合国环境与发展委员会发表的“我们共同的未来”。至1992年6月,联合国环境与发展大会通过了《里约环境与发展宣言》和《21世纪议程》,在全球范围内骤然掀起了以保护环境为核心的绿色浪潮。随着“绿色工程”的提出,“绿色工业”“绿色城市”“绿色食品”“绿色纺织”“绿色包装”“绿色交通”等相继出现,一股“绿色”巨浪冲刷着全球。

“绿色”象征着生命、安全、健康和活力。现代工业的飞速发展,虽然给人类带来了高质量的物质享受,但是也给人类赖以生存的环境带来了极大的破坏,环境污染已成为人类面临的最大生存危机之一。因此,当今饱受环境污染之苦的人们,时刻在召唤和期待着绿色,这是人类走向现代文明和经济发展的必然结果,也在一定程度上反映了人类返璞归真、回归大自然的强烈愿望。人们从自然界对人类实行报复的事实中吸取了教训,并提出了生态纺织品的概念。

构成生态纺织品的四个基本前提是:①纤维原料资源可再生和可重复利用;②在纺织品生产过程中对环境不会造成不利的影响,即对环境不会产生污染;③在使用纺织品过程中不会对人体健康及环境造成危害;④纺织品废弃后能在自然条件下进行降解或不会对环境造成新的污染。

从纺织品的生产和消费过程进行全面综合分析,它是一个系统工程。该系统工程由五个基本环节组成:纺织纤维种植或生产为生态性→纺纱织布必须是生态性;加工技术→漂染、印花、整理必须是生态(或环保);加工技术→服装加工必须注重清洁;生产管理→消费过程的质量与安全等。

生态纺织品的五个基本环节是:①纺织纤维的生态性。纺织纤维可分为天然纤维和化学纤维两大类。天然纤维有棉、麻、竹、毛、丝等纤维,它是利用自然界中的可再生资源进行循环生产,对自然环境不会产生毁灭性的破坏。但为了高产丰收、减少病虫害,在棉花等生产过程中广泛使用了农药(杀虫剂等)和化肥,在天然纤维上不可避免地残留了部分农药或有害物质,对人体健康构成了威胁。从这个意义上来说,生态农牧业的发展对纺织生态学具有重要的意义。因此,必须对农药的生产与使用进行适当的立法和管理,以满足纺织工业对纤维生态性的要求。

化学纤维中的合成纤维大多利用石油、煤炭等不可再生资源进行生产,这对自然环境造成的破坏是巨大的和不可挽回的,根据目前人类所掌握的科学知识和生存的需要,还不能停止这类生产活动,但应在增加可生物降解合成纤维生产的同时,积极开发不污染或少污染的纤维品种。此外,在化学纤维生产过程中还要排放大量的废气、废水而造成的环境污染。应积极开发与推广天丝(Tencel)纤维、莫代尔(Modal)纤维、甲壳素纤维、聚乳酸纤维、仿蜘蛛丝纤维等既具有良好的物理机械性能,又是环保型的生态纤维。②纺织生态性加工技术。在纺织加工过程中,除了上浆过程中排放有害废水和在纱线上残留一些有害化学物质以外,纤维的纺纱和织造过程对自然环境影响不大,但在加工过程中排放的废气和产生的噪声对生产工人身体健康的影响不可忽视。严重的噪声和大量短纤维尘埃的存在会导致相应的职业病,为了预防这些职业病发生,一方面需要加快技术进步,研制低噪声、无尘埃的纺织生产设备;另一方面要尽快对生产环境和劳动立法,并加强对劳动法的监督和实施。③漂染、印花和整理的生态性加工技术。在纺织生产过程中,漂染、印花和整理是生态问题最多的环节。在此环节中,采用的染料、助剂和化学药品会在纺织品上残留部分有害物质,影响人体健康,而且会产生大量的有害污水,严重污染环境,这就要求选用无污染的环保型染料(如天然植物染料及可生物降解的染料、助剂及化学药剂),加强污水处理和采用环境友好、无污染的染整工艺,使污染最为严重的环节变成无污染或少污染的环节。④服装加工中的清洁生产管理。服装加工过程中的生态问题比其他环节少,主要是辅料的选用和工作环境两方面的问题,它们都会影响人体的健康。某些辅料,如黏合剂、纽扣等,可能含有对人体健康有害的物质,需要加强检测和监督与管理。⑤消费过程的质量与安全。纺织品消费过程中的生态问题主要集中在两个方面:一是纺织品对消费者可能造成危害;二是消费者将纺织品废弃后造成环境问题,而且随着人们生活水平的不断提高,废弃纺织品引起的环境污染问题将日趋严重。其实,这两方面的问题归纳起来就是纺织品的质量和安全问题,解决的关键是加强立法,健全法律法规,严格监督与管理。

八、染整技术



染整行业是对纺织品进行深加工、精加工和提高其附加值的关键行业。它在纤维原料、纺织和服装用布、装饰用布、产业用布之间起着重要的桥梁和纽带作用,是纺织工业发展水平和技术水平的综合体现。从某种意义上说,它也体现着一个国家的科学技术水平。特别是近 20 多年来,随着科学技术水平的突飞猛进,纺织印染技术的发展日新月异,每年都有新技术出现。这主要表现在:新纤维不断问世,原有纤维也朝新型化、功能化、高性能化、品种多样化等方向发展;印染新工艺、新技术层出不穷,特别是像仿真整理、碱减量整理、水洗与砂洗整理、涂层整理和纯棉织物的免烫整理等技术的出现与广泛应用,使纺织之花越开越艳,满园春色。

高新技术的发展与应用,使染整行业的面貌大为改观,不仅大大增加了染整产品的花色品种,还提高了产品品质,在一定程度上满足了消费者对纺织品的需求。染整加工在大多数情况下是利用化学药剂进行湿加工的过程,因此易污染环境,对人类的生存造成严重的威胁。随着人们环保意识的加强,一批无污染或少污染的新技术被采用,使染整加工向“清洁生产”的目标大大前进了一步。

染整是一个充分体现科技与艺术的交融、二者结合甚为密切的加工过程,它既承担了开发纺织品花式品种的重任,又必须不产生污染源、不污染环境,生产出不影响人们身体健康的环保产品。因此,采用高新技术、新工艺、各种灵活适用的联合机、在线检测、自动控制、智能化等机电一体化成为其发展的方向。

(一)人工合成染料

随着纺织工业的进步与发展,染色产品越来越多,需要的染料数量、品种也不断增加。天然染料显然满足不了要求,于是人们开始进行人工合成染料的研究,取得了可喜的成绩。

1856年,英国学生珀金有一次在协助德国化学家霍夫曼老师合成奎宁时,将苯胺、重铬酸钾($K_2Cr_2O_7$)和酸放在一起加热,在容器中出现了一种黑色胶状物。他将其倒掉后发现,用水无法将容器中的残留物刷洗干净,便改用酒精刷洗。结果,酒精一倒入容器中就出现了一种鲜艳的紫色溶液,珀金立刻想到可以用它来染布。经染色试验,效果很好,而且染丝织物比染棉布更漂亮,这样,珀金就发明了世界上第一种人造染料苯胺紫。1857年,苯胺紫正式投入生产,标志着合成染料工业的开端。之后,人们模仿合成染料的原理,先后发明了一些人造染料。1858年,德国著名化学家李比希的学生霍夫曼研制成功碱性品红,1860年他又发现了蓝色人造染料苯胺蓝,1861年又发明了苯胺黄。李比希的另一个学生凯库于1865年确认了苯的环状结构理论,从此染料研究建立在了真正的科学理论之上。此后,各种各色染料层出不穷,争鲜夺艳地用于种种色布上。

1868年,德国化学家格雷贝和利伯曼第一次成功地人工合成天然染料——茜素。其合成路线是:以煤焦油里提取出来的蒽为原料,先将蒽氧化成蒽醌,再在蒽醌中引入两个溴原子,生成二溴蒽醌,再与强碱共浴,熔融后的产物与天然茜素完全相同。虽然此合成路线过于复杂,反应物溴的价格又太昂贵,不能实现工业化生产,但无论如何,两位科学家的研究成果为实现人工合成茜素指明了方向。1869年,德国巴斯夫公司(BASP)在得知合成茜素发明以后,联系了两位发明者格雷贝和利伯曼,并与他们一起改进了合成路线,摒弃了昂贵的反应物溴,直接把蒽醌在足够高的温度下与浓硫酸共热,得到磺酸衍生物,再与强碱熔融,得到合成茜素,产率高达97%。1869年6月25日,这项合成茜素技术在英国获得专利。1871年,合成茜素在市场上出现,并很快取代了天然茜素。合成茜素生产技术的发明是合成染料工业发明史上的一个里程碑,它宣告了合成染料时代的到来。

1880年,德国化学家阿道夫·冯·拜耳首次研制成功合成靛蓝,这是继苯胺紫和茜素红之后染料工业方面的又一次重要发现。此前,深蓝色的天然靛蓝染料一直是从靛蓝植物的叶子里提取的,这是一种优良的织物染料,能进行棉、毛、丝、麻的染色,且色牢度好。19世纪初,法国国王拿破仑曾向法国科学家提供100万法郎的资助,研究合成靛蓝的方法。1865年,德国化学家拜耳开始研究靛蓝,1878年,他以靛红为起点,使用三氧化磷、磷和乙酰氯等反应物实现了靛蓝的合成。此后,拜耳又提出了几种人工合成靛蓝的方法,并于1880年就合成靛蓝注册了专利。虽然拜耳设计的合成路线步骤过多,合成所需要的原料市场价格也偏高,难以形成工业化生产,但这一研究成果对实现靛蓝工业化生产有极重要的价值。1890年,德国化学家霍依曼发展了以苯胺为原料的合成靛蓝的方法。他使

苯胺与氯乙酸缩合,再进行碱熔,并将得到的二氢吡啶酮的水溶液用空气氧化,就得到了靛蓝。根据霍依曼设计的合成工艺路线,1897年,德国巴斯夫公司(BASP)实现了人工合成靛蓝的大规模工业化生产。合成靛蓝是合成染料工业史上最伟大的成就之一,它的出现对传统蓝草种植业的打击是毁灭性的,如1896年时印度出口天然靛蓝达350万英镑,到1913年时骤降到6万英镑,而德国1913年合成靛蓝的出口额却达到200万英镑。

进入20世纪以后,随着化工科技的进步,人们又相继发明了直接染料、硫化染料、还原染料、偶氮染料、活性染料以及酸性染料等。

(二)染色技术

人类使用的染色方式很多,有散纤维、条子、绞纱、筒子、织物染色等。其中,散纤维和条子染色主要用于毛纺织物和某些混纺织物,绞纱和筒子染色主要用于纱线制品和色织物。散纤维、条子和纱线等常用浸染法,织物用绳状或平幅浸染法和平幅扎染法。另外,还有一些新的染色技术不断涌现。

1. 超声波染色

超声波是一种频率高于20千赫而不引起声感的机械波。它的传播是依靠弹性介质中的粒子振荡,并通过介质按超声波的传播方向传递能量。超声波在染整前处理加工中的应用包括纺织品的退浆、煮练、漂白、净洗等方面。超声波不仅用于制浆和织物上浆,还用于织物的退浆,可加速织物上的浆膜膨化和脱离,提高退浆效率,特别是对于难以膨化的淀粉膜具有良好效果,具有节水和节能的效果。采用超声波可加速羊毛的精练,而且纤维的损伤要比常规方法小,这是由于应用超声波后,可采用碱性较弱的精练液。采用20千赫的超声波对棉织物进行过氧化氢漂白,可加快漂白的速度并缩短漂白的时间,而且织物的白度比常规方法好。

超声波在纺织品染色加工中的应用越来越多,效果也比较明显。高、低频超声波都可用来帮助染料溶解和分散,加快染料的上染速度,改善纺织品的透染程度,对于不同的染料其效果都是相同的。究其原因,主要有下述几点:①超声波的作用能使纤维表面的染液动力边界层减薄,起到有力的搅拌作用,可加速染料对纤维表面的吸附,有效地提高透染和匀染效果。②能加快染料在纤维内的扩散速率。其原因有两个:一是由于纤维表面吸附染料量增多,增大了纤维内外染料浓度梯度,因而提高了染料向纤维内部扩散的速率;二是通过超声波的作用,纤维无

定形区分子链活动性增强,或纤维内孔道增大,或其中染料分子运动速度加快,均可使染料的扩散和上染速度加快。③超声波可以增加一些难溶或容易聚集的染料的溶解度或降低其聚集程度,从而可提高上染速度。④超声波可使纤维内部产生脱气作用,把溶解或截留的气体从纺织品内部驱逐到染液中并通过气穴作用排除出去,从而可改善染液对织物纤维表面的渗透和润湿作用,缩短染色时间。上述作用可以是单独存在,也可以是几种作用同时存在,它取决于超声波的频率、被染色纤维的种类、所用染料和助剂的结构以及染色工艺条件等。超声波应用了染整加工,不仅可以节约能源、降低助剂和染料的消耗,缩短加工时间,而且由于染化料用量减少,污水中的染化料浓度也随之降低,从而可减轻污水处理负担,用水量减少后还可节约用水。但是,此项技术也存在着加工成本高和噪声大以及超声波方向性问题等缺点。

2. 贵金属超微粒子染色

利用金属超微粒子进行染色,再通过金属微粒子发色,这是前所未有的重大突破和创新。日本就是利用这种特殊的染色方法,将金属超微粒子用于制作和服的蚕丝制品和化妆用的蚕丝粉末的染色,大大提高了真丝绸的附加值。因为黄金一向以贵重而闻名于世,而蚕丝则有“纤维皇后”之称,两者相结合的产品其“身份”自然是不言而喻的。贵金属超微粒子染色不仅适用于真丝绸的染色,而且已成功地应用于各种天然纤维和再生纤维素纤维织物的染色。探究其工艺,关键在于对金水溶胶的制造。若将黄金加工成特精细的超微粒子,则其会变成鲜艳的红色、紫红色、紫色。自古以来就被人们所利用的、大家熟知的彩色玻璃和雕花玻璃中的紫红色就是这种颜色。另外,将金超细微粒子均匀地分布于水中或溶液中而使其溶解,还可变成鲜艳的红宝石色。这种把金超微粒子分散于水中或溶液中的金胶质,被称为金水溶胶。金水溶胶的制造,一般是将金属粉碎成 10 纳米(100Å)的超微粒子,这时其就会完全呈现出金属固有的色泽。例如:金的超微粒子为红色,银的超微粒子为黄色,白金、钯等的超微粒子为暗褐色,超微粒子的色泽因金属品种而异。首先把这种金属超微粒子均匀且稳定地分散在去离子水中制成胶质,然后将其水溶液即金水溶胶进行还原,使之含有作为稳定剂的阳离子表面活性剂用于染色。通常是将氯化金酸(金溶解在水里得到的化合物)溶解于去离子水中,然后在其中加入硬脂酰氯三甲基铵阳离子 SL 表面活性剂的水溶液,并进行剧烈搅拌,同时加进 4 倍以上氯化金酸用量的还原剂硼氢化钠,使其成为水溶液。此时的金水溶胶由于氯化金酸中含有的金离子被还原成金胶质(或称金微粒),色泽已由透明的红色变成了暗红色。由此得到的暗红色透明的液体就

是金溶胶。将其搅拌以不产生副产品氢气后,就可用于染色。

由氯化金酸还原后得到的金水溶胶是极其稳定的,可供长期存放和随时取用,在染色时需将待染物先按普通脱胶、精练漂洗等常规程序处理并烘干后,再根据染色物对色的浓度要求,计算确定金水溶液的含金量,然后将整理好的待染物放在定量的金溶胶中浸渍一定的时间(几分钟至数日),取出后经水洗、干燥即可。采用这种浸渍的染色方法所染的织物,虽然被吸附的金超微粒子并未进入织物纤维的内部,而仅是分布在纤维表面,但由于纤维表面和金超微粒子间的相互结合力极强,采用常规的洗涤和干洗的方法几乎不会脱落,即使在滑润的条件下,也只是因摩擦作用而偶尔发生脱落的现象。除了可用金超微粒子进行染色外,只要表面含有表面活性剂(一般用阳离子表面活性剂),其他贵金属的溶胶也可用于染色。其他金属溶胶的制取方法,除了作为原料的贵金属不同外,跟金溶胶完全相同。采用金溶胶染色的真丝绸具有手感好、吸潮、重量轻等优点,且具有红宝石的光泽,适合做装饰用的女和服腰带、装饰用的绦带和领带,深受消费者的青睐。

3. 微波染色

近些年来,针对节水(或不用水)和节能的问题开发了一些新型的染整技术,其中微波染色就是一项节能的染整技术。所谓微波染色,就是利用微波加热的染色技术。微波一般可分为米波、厘米波和毫米波波段,是频率为 $300 \sim 300\,000$ 兆赫的电磁波。微波在烘焙等领域应用已很普遍,对于波长较长的微波,在其他工业上已有广泛的应用,并已作为热源用于人们的日常生活中。但是,在染整加工中,微波的应用推广并不快,它除了应用于烘干外,还可用于染色中的固色,如涤纶用分散染料染色的高温固色和印花的固色。

微波染色的原理如下:当浸轧染料溶液的纺织品受到微波照射后,纤维中的极性分子(如水分子)的偶极子由于受到微波高频电场的作用,因而发生反应极化和改变排列方向(如在 $2\,450$ 兆赫时,每秒产生 24.5 亿次的偶极子旋转运动),在分子间反复发生摩擦而发热,这样可迅速地将吸收电磁波的能量转换为热能。与此同时,一些染料分子在微波的作用下,也可发生诱导而升温,从而达到快速上染和固色的目的。即纺织品微波加热是利用织物上的水在感应作用下发热,以此来升高织物和印在其上面的色浆的温度。因此织物(色浆)应保持一定的水分,使染色(或印花)织物在未干时进行固色。

微波染色可采用织物或丝束加工方式,不仅可用于亲水性纤维的染色,在加有适当助剂的情况下,还可用于疏水性纤维的染色。染料可采用活性染料、直接

染料和阳离子染料等。染色时,按常规的方法将纺织品浸轧染液,然后导入密闭的微波加热室(反应箱)中。在微波的作用下,纺织品迅速升温,可加快染料在纤维中的扩散或固色反应。染色后的处理跟常规方法相同。试验表明,分散染料对涤纶的固色,采用微波的效果与采用高温汽蒸相同。一些油性染料和分散染料对醋酸纤维的固色,采用微波固色也可取得很好的效果,其升温快,固色效果好。若在印花色浆中加入一些助剂(如尿素),则可加快固色并提高固色效果。

利用微波加热只使被照射的纺织品升温,加热均匀,升温速度快,热效率高,而对周围空气和设备的热损失很少。因此,微波染色具有如下一些优点:①微波能瞬间穿透被加热物质,只需加热数秒至数分钟,无需预热。②微波是介电损耗发热,介电损耗系数大的物体有选择性地吸收微波,不需要加热的部分不会吸收微波,从而可避免无意义的升温。③由于是被加热物体发热,周围空气和装置等不加热,不会造成大量的热损失,故热效率高。④由于被加热体各部分同时发热,整个物体内外都能均匀加热,不会像一般传导加热那样产生物体表面和内部较大的温度差。⑤能够比较容易地用功率量的大小来调整加热状态。⑥微波除了有快速升温的效果外,还能使水分子、染料分子产生振动,促进染料的溶解和扩散。微波发生装置是无公害装置,但在运转中可能会有一部分电磁波从加热装置中泄漏,而产生各种干扰,所以要采取措施严格控制,用各种方法将电磁波屏蔽。另外,设备投资较高,使用的染色工艺也有待进一步发展与完善。

4. 超临界二氧化碳流体染色

不用水作介质的无污染的超临界二氧化碳(CO_2)染色是一种新型的染色方法。二氧化碳是一种无色、无臭和不燃的气体,其相对密度是空气的1.5倍。它的分子呈直线型,两个氧原子分别在碳的两边,呈对称分布,故不显极性。所以,它的相对分子质量虽比水大,但沸点很低,在常温时为气体。它的临界温度为 31.1°C ,加压易液化,由于其分子是非极性的,液态的二氧化碳对极性物质的溶解能力不高,对低极性和非极性物质却有较高的溶解能力,因而对非极性或疏水性纤维具有较强的溶胀能力。如果把 CO_2 置于密闭体系中升温 and 加压,当超过 CO_2 的临界温度(31.1°C)和临界压力(7.39兆帕),即超临界点后, CO_2 会转变到超临界流体状态,此时,它具有许多独特的性质。在临界温度以上,不管如何加热,它也不能变为气体;同理,在临界压力下,即使加很大的压力也不能变为液体和固体,由于它不同于气体、液体和固体,故将这种状态的流体称为超临界流体。处于超临界流体状态的 CO_2 ,同气体一样可以均匀地分布在容器中,通过控制压力,可以达到同液体一样大小的密度($0.3\sim 18\text{ g/cm}^3$ 以上),对物体具有很

强的渗透作用,对物质的溶解能力比气体大得多,甚至比液体还强。因此它的许多性质不同于气体和液体,更不同于固体,这就是它的独特的性质。超临界 CO_2 流体的密度是气体的数百倍,接近于液体,但其黏度又与气体相等,它的扩散系数是气体的 1% 左右,但又比液体大数百倍。这就是溶解分散在超临界流体中的物质易扩散、渗透能力很强的原因所在。

若采用超临界 CO_2 流体作为染色介质,由于它是非极性分子,对分散染料的溶解能力比水高得多,染料溶解度高,这不仅可提高上染速度,还可提高匀染和移染性。如果染料全部溶解,也不会出现分散染料在水中存在的稳定性降低而引起的各种问题。又由于超临界 CO_2 流体的黏度极低,分子间作用力小,染料在其中的扩散阻力小(介于气体和液体之间)、扩散速度快,因而有利于染料的渗透和移染,从而可大大提高匀染和透染程度。

超临界 CO_2 流体染色主要适用于非离子类的难溶性分散染料,染色的纤维包括涤纶、锦纶、醋酸纤维,也曾研究用于丙纶和芳纶的染色,并且还在研究用于羊毛和棉等天然纤维的染色,其中最具有前途的首推涤纶染色。

利用超临界 CO_2 流体染色,其工艺过程很简单。通常染色是在 20~30 兆帕的高压下进行的,染色温度应根据织物(或纤维)的品种进行调节,一般掌握在 80~160℃,也可再高些,对于一些难扩散、耐热性又好的纤维,染色温度可高达 300℃,染色时间一般为 5~20 分钟。染色织物卷绕在一穿孔的不锈钢辊上,并悬吊在高压染罐中。将粉状染料放入染罐底部,并在隔绝空气的状态下充入 CO_2 气体,当达到所需温度时,就在 2~3 分钟内等温压缩到所需压力,并用搅拌机搅拌,在整个染色时间内要保持恒定的压力,染色结束后减压,最后排气即可。

超临界 CO_2 流体染色具有如下一些优点:①不用水,无废水污染。②染色结束后可降低压力,使 CO_2 气化,不需要进行染后烘干,既可缩短工艺流程,又可节省烘燥能源。③上染速度快,匀染和透染性好,染色重现性好。④ CO_2 本身无毒,不燃,可重复回收利用。⑤染料可重复利用,染色时不需要添加分散剂、匀染剂、缓冲剂等助剂,不仅可降低成本,提高染料利用率,还有利于环境保护,减少污染。⑥适用的纤维品种广,一些难染的合成纤维(如丙纶、芳纶)等也可染色。但是,采用超临界 CO_2 流体染色也存在一些需要解决的问题:一是生产设备价格高,而且是高压系统,一次性投资大;二是适用的染料品种不够齐全,有关染色工艺也有待于进一步研究完善。

5. 磁性染色

1974 年,日本石川县工业实验室开展了不用水和溶剂并能节约原料的染色

工艺的研究,发明了“磁性染色工艺”。它是利用磁力和分散染料升华作用的连续染色方法,可用来染素色和图案印花。该工作的原理是在染槽内放置混有铁粉的染料,铁粉被磁力强有力地吸引住,布辊上的布经过磁滚筒和加热板之时,混有铁粉的染料为磁滚筒所吸引,在此情况下,染料混合物和布紧密接触,在来自加热板的热力作用下,由于染料升华而使布得到染色。

(三)印花

印花是指用染料或颜料在织物上施印花纹的工艺过程。印花有织物印花、毛条印花和纱线印花三种,其中以织物印花为主。我国古代采用镂空版印花,18世纪开始用滚筒印花,而筛网印花则是由镂空版印花发展而来的。20世纪60年代开始采用圆网印花,之后,又出现了转移印花、喷墨印花等。

1. 滚筒印花

1780年,苏格兰人詹姆士·贝尔发明了滚筒印花机。1783年,他的设计获得了专利。1785年,他发明了第一台六套色印花机,在兰开夏的工厂里安装使用。这种机器可以代替40个凸印印花工人的操作,从而导致手工凸印印花法的淘汰。过去的滚筒印花是采用凸印面的木制辊筒,而贝尔的滚筒印花机是采用凹板雕刻,用刻有凹形花纹的铜制滚筒在织物上印花。印花时,先使花筒面沾上色浆,再用锋利而平整的刮刀将花筒未刻花部分的表面色浆刮除,使凹形花纹内留有色浆。当花筒压印于织物时,色浆即转移到织物上而印得花纹。

2. 全自动平网印花

筛网印花是由刻板印花发展而来的,随着社会的发展和科学技术的进步,手工筛网印花方法逐渐实现了机械化。最先是采用能够移动的走车,在走车内一次装上一个筛网。刮浆用的橡皮刮刀是用联结在走车上的电动机驱动的。印花时,将织物粘贴在长台板上,像手工印花那样,每台印一套色。1950年,英国发明了全自动平板筛网印花机。其中布塞(Buser)、斯托克(Stork)和齐默(Zimmer)厂的设备较为有名。这种机器借助于环状传送带可同时印出一个花样的所有套色。当印花动作发生时,胶带和织物是静止的,当筛网抬起时,胶带和织物随着移动,因此,织物的运行是间歇式的。

3. 转移印花

热转移印花技术早在 1938 年就已研究成功,由于各方面条件的限制,直到 1968 年,美国才发明了转移印花。这种印花技术是先以印刷方法将染料配制成油墨印到纸上,然后将被加工的织物和这种纸(转移印花纸)正面相贴,在一定的温度和压力下,把纸上的染料转印到织物上。

转移印花的研究最早是由美国萨布利斯塔克(Sublistatic)SA 公司进行的,这是汽巴—嘉基(Ciba-Geigy)AG 染料厂、F·P·M 纺织厂和一家印纸公司合作的公司。该公司首次为聚酯纤维生产了转移印花纸,1970 年生产了 2 400 万米转移印花纸。随后,在美国出现了许多转移印花的专利技术,在英、日也出现了美国转移印花有限公司和日本热印纺织品公司。不久,转移印花便在欧、美、澳、亚、非洲各地普及,并在国际上成立了“转移印花国际有限公司”。这是近 30 多年来发展较快的印花新技术。我国在 20 世纪 70 年代也开始了转移印花的研究,北京纺织科学研究所率先在转移印花的设备、工艺以及产品开发等方面进行了全面的研究,不仅能制造转移印花设备,还能加工转移印花纸。

追根溯源,其实这种转移印花技术最早是中国发明的。过去中国有些小店铺出售一种印有彩色花鸟图案或孙悟空之类神话人物的纸张,把印纸的正面贴附在皮肤、白布或另一张白纸上,反面用水沾湿,过片刻后再轻轻揭开印纸,纸上的图案即能转移到贴附的地方。这就是最早的转移印花。

转移印花有升华法、泳移法、熔融法和油墨层剥离法等,其中以升华法转移印花最为成熟。升华法转移印花设备有三种:①平板热加压转移印花机。如图 2-58 所示,将转移纸和织物放在两块热板之间,均匀加热加压,转移纸上的染料即转移到织物上。这种设备一般采用电加热,有的采用热油载体或红外线加热,最高温度可达 250°C 。加热温度、压力和作用时间可任意调节。加工涤纶织物的转移温度为 230°C ,时间是 15 s。②衬毯式滚筒转移印花机。如图 2-59 所示,主要机构由可加热的滚筒和无接头的衬毯组成。衬毯由耐热的合成纤维制得,它使转移纸

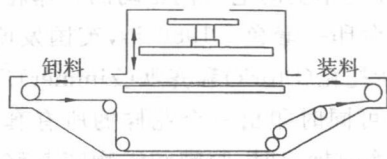


图 2-58 平板热加压转移印花机示意图



图 2-59 衬毯式滚筒转移印花机示意图

和织物紧贴于加热滚筒上,并在衬毯和织物之间加入一层衬纸,防止沾污衬毯,热压时间约为 20 s。

③真空抽吸式滚筒转移印花机。如图 2-60 所示,主要机构是一个具有许多小孔的金属抽吸滚筒。将抽吸滚筒内抽成真空,使包覆在抽吸滚筒外面的织物和转移纸紧贴于抽吸滚筒上。用红外线加热器在转移纸的背面加热,使转移纸上的染料转印到织物上。

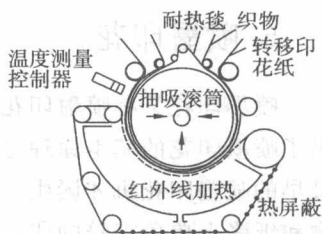


图 2-60 真空抽吸式滚筒转移印花机示意图

转移印花是一项新技术,具有以下优点:①不用水,无污水。②工艺流程短,印后即是成品,不需要蒸化(汽蒸)、水洗等后处理过程。③设备简单,投资小,占地少,能耗低。④花纹精细,层次丰富而清晰,艺术性高,立体感强,为一般印花所不及,并能印制摄影和绘画风格的图案。⑤印花色彩鲜艳,在升华过程中,染料中的焦油会残留在转移纸上,不会污染织物。⑥正品率高,转移时可以一次印刷多套色花纹而无需对花。⑦灵活性强,客户选中花型后可在较短的时间内印制出来。除印制匹头花布以外,也可在衣服成品上再转移印花,如在上衣的领口、袖口、口袋上局部印花。转移印花也存在不足之处,主要有下述三点:①使用范围受到一定限制。转移印花的 80% 用于涤纶织物,10% 用于涤纶混纺织物,10% 用于腈纶、锦纶和醋酸纤维等织物,对于天然纤维织物尚未大批量生产。②需要耗用大量的纸张。除转移纸外,还需要衬纸,故所耗纸张的面积是印花织物的 2 倍,对剩纸的处理也是难题之一。③生产效率很低,一台转移印花机的产量为 3~4 m/min,较高的也只有 8 m/min 左右,比手工网印还要低,只适用于小批量、多品种的生产,影响到转移印花的推广使用。

4. 印花复印机

1987 年,美国亚特兰纺织研究院发明了一种采用照相复制新技术的印花复印机,其工作状态与普通复印机相似,它是利用反光原理,将已设计好的花纹图案用静电效应技术复制到金属滚筒上,即光电效应的转换在金属滚筒上生成了一幅被充电的不可见影像,然后在静电场的作用下,染料和黏合剂中不同色调的粒子载体分别根据电荷的强弱不断地吸附在滚筒的影像区域内,这样复制工作即告完成,随时就可像普通复印机一样进行印染工作。目前,这种由电脑控制的印花复印机已可印制三套色印花织物、幻灯片和各种纸类的文字图表等,该项印花技术可以节约大量的能源和工艺用水。

5. 喷墨印花

喷墨印花又称喷射印花、喷液印花。早在 19 世纪下半叶,凯尔文和雷莱就提出了喷墨印花的基本原理之一——带电微粒射流技术。但直到 20 世纪 50 年代,最早的喷墨印花机才诞生。当时该技术的发展和运用所瞄准的领域主要是包装物和纸张上单色字符的印刷,其印刷分辨率不高,美学方面的要求也很低。到了 20 世纪 70 年代,用于纺织品的喷墨印花机问世。当时的目标是开发适用于地毯和绒类的非接触式的、能用数码技术印刷多彩花型的新型印花设备,具有代表性的产品有美国的米利屈隆(Militron)和奥地利齐默公司的克罗莫屈隆尼克(Chromotronic)。这些早期的喷墨印花机的印制分辨率只有 $0.47 \sim 0.79$ 喷点/mm ($12 \sim 200$ 喷点/in,即 $12 \sim 20$ dpi)。由于采用的电磁阀难以提高喷射频率,且喷出的液滴过大,因而无法在普通机织和针织物上获得清晰的花纹。电子计算机技术的迅猛发展,为喷墨印花的进一步发展奠定了基础。在最近几届国际纺织机械展览会上,已有几家公司推出了适用于织物的喷墨印花机,如日本 Canon-Kanebo 公司的 TPU-002A、荷兰 Stork 公司的 Trucolor、日本 Shima Seiki 公司的 SIP-120 等。这些设备都是在早期的地毯喷墨印花机和纸张喷墨打印机的模式上发展起来的,都能够较好地解决分辨率与印制速度之间的矛盾,具有良好的发展前景。

喷墨印花的色谱比较全,可达 100 多万种。例如:日本的 Canon 印花机有 8 只打印头,每只打印头上装有 170 只喷嘴,共计 1 360 只喷嘴,打印幅宽为 1 600 mm,印制分辨率为 14.2 喷点/mm (360 dpi),打印速度达到 0.86 m/min。该系统可使用活性、酸性、分散染料的水相油墨,分别适用于棉、蚕丝、锦纶和涤纶织物。该系统采用的 8 套色为 3 套原色(青、品红、黄)、1 套黑色和 4 套特别色。Seiren 是日本目前最大的织物印花公司,已形成自己的喷墨生产系统,利用活性和分散染料在棉、丝、聚酯纤维和聚酰胺纤维上印花获得成功,并开始供应带有数字式印花标记的织物产品。

喷墨印花机可分为两类。一类是粗分辨率型的,它的最高分辨率为 1.6 喷点/mm。它基于阀的控制技术,主要用于地毯和绒类织物。另一类是精细分辨率型的,其分辨率高达 118 喷点/mm,适用于机织和针织产品。该类又可分为两种基本形式:连续喷射式和按需喷射式。

连续喷射式喷墨印花的基本原理又称 Hertz 原理,因瑞典人 Hertz 为其所做的贡献而得名。在该系统中,对色墨施行高频振动压力,使其从微孔中喷出形成均匀液滴流。在喷嘴处设置一个与图形光电转换信号同步变化的电场,喷出的液

滴便会有选择性地带电,当液滴流继续运行通过另一个高压电场时,带电液滴的飞行路线会在电场作用下发生偏转,而不带电的液滴则仍保持直线飞行状态,如图 2-61 所示。采用此工艺可由两种方式获得花纹。在第一种方法中,带电的微液滴的预定的方式偏转到基质表面,而不带电的微液滴则被集液槽回收。这称为光栅扫描方法。在第二种方法中,不带电的微液滴形成图像,而带电的微液滴则被集液槽回收。

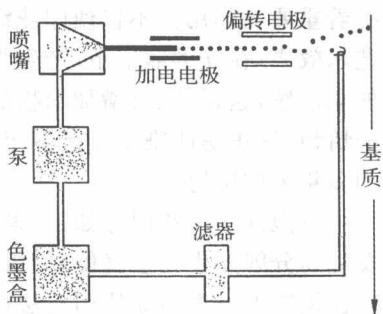


图 2-61 连续喷射式喷墨印花示意图

按需喷射式是一种间歇喷射方式,它又可分为加热式和压电式两种。加热式喷射系统的工作原理如下:对喷嘴内的色墨施加高频的机械、电磁或热冲击,使之从喷孔喷出,形成微小液滴流。图案花位可至 1 200 mm,织物幅宽 1 650 mm,图案分辨率为 15.7 喷点/mm(400 dpi),加热是脉冲式进行的。

压电式喷射系统利用压电传感器对色墨施加冲击。其原理如下:当一个变化的电压施加在压电传感器上时,它会随着电压的变化而发生体积的膨胀和收缩,体积变化的方向取决于压电材料的结构和形状。传感器收缩时,会对喷嘴内的色墨施加一个直接的压力,使其从喷孔中高速喷出。当电压变化的频率很高时(可达 3~20 kHz),传感器收缩和膨胀的频率也很高,喷出的色墨就形成极微细的液滴流。

连续喷射式与按需滴液式喷墨印花之间的主要差异是:前者可以有一滴以上的微滴导向任何特定的像素部位,能产生真正的半色调。而后者只能达到每一像素一滴微液滴,即每个像素有一滴色墨或无色墨滴。半色调是通过采用点子的矩阵以形成“超级像素”而产生的,有时被看成高频振动的花型。

喷墨印花是一项高科技印花技术,具有以下一些优点:①不需要制网,从图案设计到批量生产全部计算机化,并可储存图案,生产准备时间短,从图案设计至完成打样 3~6 天即可完成,大大缩短了交货周期。②仅用品红、黄、青三原色(加黑色)而无需制成各种不同颜色的色浆。③调换和储存花型方便,花型信息储存在磁盘上,省去了刻制辊筒和筛网的复杂工序。在喷印过程中,操作员通过计算机键盘可随时更换花型。④产量同喷嘴的多少、图案的精细度、喷射频率有关。⑤喷墨印花属于无污染印花,有利于环境保护。⑥产品独具风格。因此,它潜在的优越性是传统的印花方法不可企及的,是近 20 年来对传统织物印花最具挑战的新技术,是印花这一百花丛中一朵刚刚绽开的奇葩。

6. 发泡立体印花

印花织物以其五彩缤纷、绚丽夺目的外观深受人们的喜爱,对美化人民生活

有着重要的作用。不仅使印花织物上产生美丽的图案花纹,而且使图案产生浮雕艺术效果,在光的照射下,产生强烈的反差,使人们在视觉上形成一种真切而醒目的立体感,这样,既可增加织物的服用效果和附加值,又可使织物具有装饰性和审美情趣,这正是印染工作者多年追求的目标。发泡立体印花的出现初步实现了人们多年来的夙愿。

发泡立体印花原理如下:采用发泡剂和树脂乳液,印花后经烘干和高温焙烘,发泡剂分解产生大量气体,使树脂层膨胀,形成立体花型,并借助于树脂将涂料固着在织物上。发泡立体印花法可以广泛地应用于纯棉、纯涤、涤/棉和涤/黏混纺织物,在织物上形成永久的立体图案,能经受一般的洗涤和摩擦,手感柔软。

发泡立体印花有物理发泡法和化学发泡法两大类。发泡立体印花对设备没有特殊的要求,手工台板、平网、圆网、辊筒印花机均可使用。但效果是不一样的。手工台板印花的速度较慢,产量低,但给浆量大,立体效果突出,花型易于变化,灵活性大,适合于小批量生产装饰产品。平网印花适用于装饰产品而不适于衣着类产品。圆网印花的产量高,适用的范围较广,纯棉、涤/棉织物的印花均可适用,但给浆量较低,可生产服装面料和服饰用织物。由于发泡立体印花要求给浆量较大,故应注意对浆料黏度及台板温度的控制,以防堵塞网眼;辊筒印花产量高,适用范围很广,但应适当控制浆料的黏度,花筒雕刻要适当加深,以确保立体效果。

发泡主体印花不受纤维种类、织物组织和印花设备的限制,既可用于服装面料,又可做装饰产品,工艺简单,印制效果新颖别致,而且产品质量较稳定,给人以高档化、艺术化之感,深受广大消费者青睐。因此,发泡立体印花深受印染界的欢迎,是一项值得大面积推广应用的印花新技术,但是,发泡立体印花也存在易沾污和发黏的缺点,有待进一步改进。

(四)计算机在印染行业中的应用技术

在以前的印染行业中,分色制版和测色配色是一项细致而繁重的工作,在新产品投产前,需要花很长的时间进行这项工作。自从采用计算机以后,这项工作就变得简单而高效了。

1. 电子分色制版技术

电子分色制版是印花生产中采用的一项新技术,它是在传统制版技术的基础上发展起来的。把印花图案稿制作成分色胶片,要遵循下述工艺路线:电子扫描→计算机分色处理→激光照排输出代替原描稿→拷贝(照相)→连晒。因

此,制版人员既要掌握印花制版工艺和制作要求,又要以全新的面貌去处理计算机图形操作(包括绘图)技术。

随着科学技术特别是计算机技术的蓬勃发展和印花技术的不断进步,市场对印花印版业提出了速度快、精度高等技术要求,因而传统的制版工艺受到了严峻的挑战。同时,随着电子、激光等高新技术的发展,制版工艺的更新换代成为可能。以生产圆网印花机系列产品而著称的荷兰 Stork 公司率先推出了电子扫描——计算机分色——激光输出胶片工艺路线,从而实现了印花分色制版的自动化,克服了传统工艺处理时间长、误差大等缺点,提高了生产效率。这样就可与国际纺织品市场要求的小批量、多品种、快交货、高水平的订货趋势相适应。

我国的计算机分色制版系统是从 20 世纪 80 年代开始研究的。当时,由于受到条件的限制,所研制的系统只能做到 CAD 阶段。这是我国电子分色制版系统的启蒙阶段。随着计算机基础技术的快速发展,硬件、内存设备也高速发展,尤其是人机交互式操作系统的出现,为软件提供了一个统一的开发环境。另外,在操作系统上有许多图形和图像处理软件,可以很方便地对图形进行几何变换、缩放、渐变及图像合成等,并相继开发出制版软件、输出设备、大幅面和高精度的 DJ-1264 型印花激光成像机(它集精密机械、光学、微电脑于一体,采用全电脑控制,具有极强的自诊断功能和人机友好界面)、台式彩色图像扫描仪等。我国自行研制的计算机分色制版系统于 1992 年 12 月正式通过国家鉴定,达到当时的国际先进水平。自 20 世纪 90 年代初以来,法国的 GGSOHA 系统、华光电子印染系统等计算机分色制版系统也开始进入国内印染市场,与我国研制的系统基本上处于同级水平。

电子分色制版系统是将计算机、激光及光电技术运用到分色制版领域的一项高新技术。这类系统一般由彩色扫描仪、计算机及激光成像机等组成。该系统的工艺路线如下:来样稿——扫描——接回头——拼色——修改——分色——成像——胶片。系统工作由电子扫描、分色处理和激光输出三个方面组成。电子分色制版系统的应用越来越普及,它具有如下的优点:①制版效率高、质量好。②可重现性好。③与后工序的制网、制辊的工艺参数匹配性好。④电子分色处理的花型漂亮,对花精度高,分色效果佳。⑤花样缩放处理的效果好。⑥工序短、成本低、投入资金少。⑦花样调用方便,可绘制的画稿多,艺术效果好。⑧可大大缩短印花产品的生产周期。但是,在处理以撇丝、枯笔为主的活泼花卉花样和大花或独幅花样时,其效果和处理时间不如传统的制版技术。

2. 计算机测色配色系统

计算机测色配色系统又称电脑测色配色系统,是 20 世纪 80 年代崛起的高新

技术,是电脑技术在纺织工业中应用的一个重要内容,也是机电一体化的重要组成部分。

新染料不断出现、纤维原料的变化、流行色调周期的渐趋缩短以及人类光源的日益丰富,使现代的配色问题变得相当复杂,仅依靠有经验的配色人员很难适应。电脑测配色系统就是为了解决这些问题而出现的。它由光谱仪(或分光光度计)、计算机与染料配方预测软件系统(程度)组成。

计算机测色系统的测色仪是光谱光度计。它是一台较先进的现代化电脑测色设备。该测色系统集成最新光学设计、计算机技术及软件系统于一体,用来提供快速而准确的测色。根据操作人员选择的各个测试参数,磁盘存储系统可将光谱反射率和三刺激值永久地储存,在比色中能快速检索出标准色泽和公差。通过人机对话、自动处理,实现科学配色,并将测定的结果及配方通过打印机制成表单,用于指导生产。近些年来,由美国 ACS 公司,英国 ICS 公司和瑞士 Datacolor 公司合并成的一家瑞士跨国公司(Datacolor International),已成为世界上最大的测色仪器制造公司之一,其他著名的测色仪制造公司还有 MacBeth、Hunter Lab 等。这家瑞士公司推出了采用当今先进的光电技术的 Spectro Flash 系列产品 SF600、SF300、SF100、MF200d 光谱光度计,它们在市场上很有竞争力。

电子测色配色系统由管理模块、标准色样输入模块、配色技术参数选择模块、配方计算模块、配方搜索模块、输出打印模块以及基础数据库等组成。它可自动地进行染色配方计算,所给出的配方除给出染色浓度外,还包括配方的价格、配方的同色异谱情况,以及在不同光源下与标准色样的理论色差等。颜色配方的档案可以完整而准确地保存在数据库中,来样一经测量,软件便可在数秒后从数据库中找出几个与来样颜色中最为接近的经验配方,并注明与来样的色差。如果色差较大,还可使用修正程序在索引列出的配方上再进行修改计算,以求出符合工艺要求的新配方。

电脑测色系统的工作原理如图 2-62 所示,将被测样品置于传感器视见区上,通过计算机键盘发出指令,计算机微处理器再将键盘的指令传给传感器微处理器,传感器微处理器接受指令后触发闪光线路,使闪光管闪光。由闪光管发出的

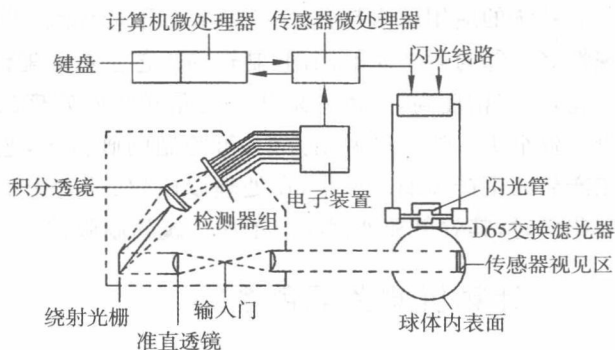


图 2-62 电脑测色系统工作原理示意图

光经 D65 交换滤光器过滤,并构成与 CIE 标准照明 D65 相近似的光谱,将这种光漫反射到整个球体的内表面上。经球体内表面反射过来的光射到位于传感器的视见区上的样品上,进入光谱分析仪的光直射到输入口上。光通过准直透镜射到绕射光栅上,并将其分散成光谱,经过积分透镜反射出来,射入检测器组。检测器组有 16~30 个硅光电二极管组成的阵列,光线由对应每一波长通道的检测器进行检测,检测波长间隔一般为 10~20 纳米。每一个检测器只向电子装置传递一个波长的信号。电子装置将所接收的信号经传感器微处理器输送到计算机微处理器内的基础数据库中,以备计算机在测色配色工作时计算应用。

计算机测色配色系统在印染行业得到了广泛的应用,这是由它的下述优点决定的:①利用计算机测色配色系统,速度快、工作效率高,可大大减少打样人员。②若利用连续轧染工艺,则可减少大车试样次数 50% 以上,从而可节约大量的大样试样消费的染化料、布样以及水、电、汽等,降低试样成本。③可从众多的染料配方中找出价廉物美的配方,从而降低染料成本。此外,在进行深色谱配方染色时,往往在上染达到饱和的情况下因使用过量的染料而造成浪费,而采用此系统进行配方则完全可以避免这种情况。④在稳定生产质量的前提下,配色效率高而准确,可缩短新色号的生产周期,提高经济效益。

(五)后整理技术

后整理是指精练、漂白、染色、印花以外的染整加工,以改善织物的外观和手感,增进服用性能的工艺过程。织物整理的要求和效果大致可分为三个方面:尺寸稳定及改善外观;改善织物的手感;改进织物的服用性能。

1. 纯棉织物免烫整理

进入 20 世纪 80 年代,在发达国家,人们逐步发展起休闲舒适和回归大自然的消费理念,对生存环境的关注日益强烈,这些因素极大地促进了纯棉织物的流行和使用。到 90 年代,人们仍崇尚有自然外观的舒适的衣着,然而人们又希望休闲服装具有更整洁的外观,而快节奏的生活方式又要求产品具有防皱免烫功能。这种需求促使纯棉织物耐久压烫技术重新引起人们的兴趣。纯棉织物免烫服装或“形态稳定”的服装逐渐成为服装消费中的热点。据报道,日本的日清纺、仓敷纺、尤尼契卡等近 20 家公司相继推出各具特色的防皱免烫成衣。1985 年,J. R. 斯蒂文斯公司和棉花公司就开发了一条后焙烘纯棉耐久压烫生产线。这在生产

商之间曾引起不小的轰动,但对消费者的影响却不尽如人意。此后,纯棉织物的耐久压烫整理一度处于蛰伏状态,直到1992年,Levi Strauss公司、Haggar公司、Thomson公司等几家专业厂家推出了纯棉防皱裤子,才使这类产品大行其道,使其在国际市场上成为热门货。

生产防皱免烫(耐久压烫)服装有两种工艺路线:一是前焙烘法。即织物平幅浸轧树脂、平幅烘焙等全部工序由印染厂完成,这是传统的工艺路线。它的不足之处是给服装加工带来一定的难度,很难给服装赋予某些折裥和造型。二是采用现在颇为流行的后焙烘法。根据浸轧树脂的方式不同,后焙烘法又可分为坯布浸轧和服装浸渍。前者为纯棉织物在印染厂浸轧树脂并烘干,但树脂交联反应留在服装缝制后放入焙烘箱后才完成;后者则是用服装浸泡整理液或用喷枪喷洒后再进行烘干和焙烘。服装经过焙烘后,交联剂便使服装的折裥和平整的外观固定下来,服装经穿着洗涤后,纤维总是力图回复到交联时的状态,这就是所谓的“形态记忆”功能。服装经耐久压烫后具有手感柔软、折裥持久等特点。同时,采用这种方法整理,生产量可以得到灵活而有效的控制,在服装进入耐久压烫整理前,可以对服装更灵活地进行某种特殊整理(如砂洗整理),从而达到处理多重性和效果多样性,有利于提高服装的档次和穿着舒适性。为了提高纯棉织物防皱免烫整理的效果,应从原料、纱线、织物及其整理设备的选用和工艺参数的设计方面入手,疏忽了其中任何一个环节,都是于事无补的。

2. 丝光整理

丝光整理是指在一定张力下,用冷而且浓的氢氧化钠(烧碱)处理棉织物,使棉纤维微结构发生变化的过程。分冷丝光($10\sim 20^{\circ}\text{C}$)和热丝光($60\sim 70^{\circ}\text{C}$)两种工艺,我国以冷丝光为主,丝光后的棉纤维发生剧烈的溶胀,直径增大,横截面由腰子形变为圆形,特有的胞腔和螺旋状天然扭曲消失,表面光滑;提高了光泽,增强了化学反应性,提高了对化学品和染料的吸附能力;织物的强力和延伸度等物理机械性能和尺寸稳定性都得到改善。

1844年,英国人J. 默尔观察到棉织物在松弛状态下经浓烧碱溶液处理后,其强度和吸附染料能力明显增加,于是提出了“mercerization”(丝光)一词。1889年,英国人H. 洛发现,将棉织物在绷紧状态下浸于烧碱溶液中,并在绷紧状态下洗除碱液,可获得蚕丝般的光泽。此外,对棉、麻织物在张力下进行碱处理的方法得到广泛应用。

3. 织物阻燃整理

所谓织物阻燃整理是指织物经过某种化学药剂处理后,达到遇火不燃或难燃的处理过程。最早的织物阻燃整理是1902年英国科学家派金斯发明的。他首次试制成功耐洗的阻燃织物,并用于法兰绒织物的整理。早在第一次世界大战开始后,阻燃织物就在军事上得到了应用,人们为了抵御火焰武器的袭击,曾用氧化铋及氧化石蜡作阻燃剂处理帐篷织物,之后又用钛钡白处理轻型帐篷,还对军队服装的防火处理进行了研究,其后又陆续研制出应用于棉及黏胶纤维织物的阻燃剂,如四羟甲基氯化磷、四羟甲基氢化磷、四羟甲基氢氧化磷——酰胺等,在这些阻燃剂中都含有磷,在燃烧过程中,磷能促进有机物质转化为炭,这样就降低了易燃性。20世纪70年代,日本研制成聚乙烯醇与聚氯乙炔复合纤维,并投入了工业化生产。这种复合纤维的阻燃性及纺织性较好,在纺丝液中加入二氧化锡可以增加其阻燃性。

4. 抗菌防臭整理

美国道一康宁公司(Dow Corning Corporation)最早研究成功抗菌防臭整理剂生物硅酮(Biosil)。此研究于20世纪50年代初确立研究课题,1965年以后具体开始研究抗微生物整理,确定整理剂应有的状态。1973年,道一康宁公司与巴林顿公司合作研究,于1975年研究成功并开始生产Biosil,药品为DC5700,其主要成分是3-三甲基硅氧烷丙基二甲基十八烷基氧化铵,并得到美国环保局(EPA)的批准。1976—1981年期间,销售这种经Biosil整理的袜子达到1亿5千万双,取得了较好的社会效益和经济效益。生物硅酮抗菌防臭整理效果较好,能抑制纤维上微生物的繁殖。因为新鲜的汗是无臭味的,但是内衣、袜子吸收了汗液造成微生物繁殖,致使汗液中的尿素分解而产生大量的氨,这就是产生臭味的原因,而Biosil能抑制微生物的繁殖,故称抗菌防臭整理,在美国被称为抗微生物整理。

5. 涤纶仿真丝绸减量整理

20世纪50年代,欧美一些国家纷纷推出涤纶仿真丝绸产品,它不仅克服了普通涤纶织物所存在的硬挺、蜡状手感和极光等缺点,而且在强度、尺寸稳定性、抗皱和免烫等性能上还优于真丝绸,留给人们的第一印象就是外观效应,看上去像真丝绸,也具有真丝绸那样特殊的珍珠般光泽,同时还具有手感柔软和轻薄飘逸的风格,深受广大消费者的青睐。涤纶织物仿真丝绸,实际上就是对涤纶织物

进行碱减量处理后的产品。

碱减量处理就是指使用氢氧化钠(烧碱)溶液来处理涤纶织物,使之重量减轻的仿真丝调整理。在处理过程中,涤纶的表面因纤维分子酯键水解而发生溶蚀,其结果是导致织物中纤维及纱线间空隙增大,织物重量减轻,从而获得具有良好的透气性、形变恢复性、柔软性、悬垂性和外观酷似真丝绸的效果。

涤纶碱处理的机理如下:涤纶在一定温度下,在高浓度的氢氧化钠溶液中,表面部分发生水解,纤维大分子分解成水溶性的对苯二甲酸钠和乙二醇,通过水很容易除去。碱减量的水解作用是从纤维表面开始的,纤维表面溶解后,碱液再与内层接触,继续作用。碱减量一般安排在染色或印花之前进行。其加工方法有间歇式浸渍法和连续式轧碱汽蒸法及轧碱烘燥法。碱减量加工设备有平幅连续式减量机、间歇式高温高压染色机、常压溢(喷)流减量机、挂练槽、冷轧设备等。

在碱减量处理后,若用有机硅柔软剂 RS 与赛皮明 AL 合用进行柔软后处理,则可提高涤纶仿真丝绸的柔软性、弹性、悬垂性和抗静电性。经碱减量处理后的涤纶仿真丝绸织物,亲水性能明显改善,有利于染色;改善了去污能力,有利于洗涤;纤维间的抱合力减小,孔隙增大,因而透气性能有所改善,穿着舒适;改善了服用性能,光泽柔和、轻薄飘逸、柔软滑润,更接近于真丝绸的风格。

6. 涂层整理

所谓涂层整理就是在织物表面涂布一层或多层高分子聚合物,使其正反面具有不同功能的一种表面整理技术。涂层整理织物主要由织物(基布)和涂层剂组成,织物包括天然纤维和合成纤维的纯纺、混纺、交织物和非织造布等。在涂层高分子聚合物中加入一些添加剂,可使涂层织物另具特殊性能而获得不同的涂层产品。例如,改变织物外观,使之产生双面、珠光、回归反射、仿皮、烫金、感光图案等外观效应;改变织物风格,使其具有柔软、丰满、回弹性好或具有油状手感等;增加织物的某一项或多项特殊性能,如阻燃、透湿、防水、气密性、耐气候性、杀菌性、遮光性、吸音、防污、反射和保暖等。若加入羟乙基纤维素、聚乙烯等材料,则可获得既透湿又防水的效果;若加入含溴、含磷等的制剂,则可制成具有防火阻燃的涂层织物;若加入金属、石墨等,则可使涂层织物具有导电、防热辐射等性能。一般要根据涂层剂和织物结构及产品的最终用途来选择涂层工艺。①干法涂层。将涂层剂用溶剂或水按需要浓度进行稀释,直接涂于织物上,经烘干、焙烘后,涂层剂在织物上形成坚韧的薄膜。②湿法涂层。将聚氨酯涂层剂溶于二甲基甲酰胺,制成涂层浆,涂于织物后,浸于水中。二甲基甲酰胺不断地向水中溶出,聚氨酯在织物表面凝固,形成具有防水透湿性的微孔薄膜。③热熔法涂层。将热塑性的固体

涂层剂加热到熔融状态,涂于基布上,冷却后在基布表面形成连续的或不连续的薄膜。此工艺常用于黏合衬的生产。④转移法涂层。将涂层浆涂在经有机硅预处理的转移纸上。转移纸与基布叠合后经层压辊轧压,涂层剂就转移到织物上,经烘干、焙烘后,再将织物和转移纸分离。⑤黏合层法。将薄膜与涂有黏合剂的基布叠合,经承压辊的轧压而黏合成一体。也可与热熔辊或火焰接触,使薄膜表面熔融的同时与基布叠合,由承压辊将两者黏合为一体。就涂层方法而言,有轧挤法、刮刀法、黏合法、挤塑法、喷涂法和浸涂法,此外,还可采用聚合的单体作为稀释剂,再混以具有一定相对分子质量的低聚物,直接涂于织物的表面,经加热或辐射线的作用而固化。这样,不仅可减少涂层工艺中的热能消耗,还可省去溶剂,减少公害。

7. 丝绸砂洗整理

砂洗加工的英语名称为 Sand Washing,是以细砂磨洗织物而得名的。它是一门新兴的丝绸整理技术,其工艺技术由意大利于 20 世纪 70 年代后期开发成功,我国于 80 年代后期从香港引入。它是在棉织物水洗石磨加工的启示下发展起来的,主要适用于电力纺、绉等轻薄真丝绸。自 80 年代以来,对厚实织物特别是涤纶等化纤织物,又发展了砂磨与砂洗相结合的工艺,因而使砂洗加工的内涵更为丰富。于是,人们又把砂洗加工的英语名称改为 Sanding。砂洗与渊源已久的起毛(绒)加工一样,都是为了改善织物的风格与外观,使其手感柔软、蓬松、厚实,使织物表面增加毛型感和保暖性,从而提高其服用性能。但是砂洗产生的绒毛较短,而起毛(绒)加工产生的绒毛较长。除了薄型丝绸可进行砂洗外,一些薄型化纤织物也可进行砂洗加工整理。

这里所讲的砂洗,实际上是一种化学砂洗方法,其原理如下:加工织物或成衣,使其处于松弛状态下,用砂洗化学助剂(含有膨化剂与柔软剂等)使纤维膨化、疏松;再借助于织物与织物以及织物与机械之间的动态阻尼摩擦,使织物起绒;辅之以特殊的柔软剂,使裸露于织物表面的绒毛挺起、丰满,从而使织物获得松软、柔顺、抗皱及悬垂性较佳的效果。由于棉、麻、黏胶以及聚酯等纤维所具有的性能跟蚕丝不尽相同,仅靠膨化剂很难形成像蚕丝那样细密的绒毛,于是在加工中常辅之以特殊的砂粉乃至金刚砂,或使之与砂磨、钢丝起绒相结合,而达到弥补单纯砂洗的不足。对于混纺织物,砂洗的效果则取决于混纺织物的纤维组成以及组成纤维所占的比例。

砂洗有不同的工艺路线,因而可获得各种不同风格的砂洗产品。就砂洗与染色的次序而言,有染色前砂洗和染色后砂洗之分。先砂洗后染色,织物色泽鲜艳,

有人称之为仿新砂洗产品。先染色后砂洗,织物色泽似旧犹新,所以也称仿旧砂洗产品。也有的在印花前后分别进行一次砂洗,第一次砂洗的主要目的在于使织物产生预缩,防止以后印花花型变形,第二次砂洗的目的则以起绒为主。

真丝绸经过砂洗后,织物的外观与服用性能发生了很大的变化,主要表现在以下几方面:①外观大有改善。经过砂洗后,织物的表面覆盖一层匀称的绒毛,色泽和光泽变得柔和自然,悬垂性良好,给人以丝绒之感。②手感好。砂洗后的织物手感轻盈、柔软、爽滑、蓬松、弹性好,不易产生折皱,手感厚实。③服用性能改善。经砂洗后的织物不仅具有优良的茸效应、丰满度、活泼性、柔软性和舒适性等特点,而且透气性有所提高,并略呈皱纹状,穿着舒适潇洒。④洗涤性能改善。砂洗后的织物具有易洗快干的特点,而且洗后能保持原有的色泽和形态,基本上不用熨烫。如采用干洗,则效果更佳。⑤缩水率大大降低。各类织物经过砂洗后,缩水率可达到最佳的效果。⑥强力下降。砂洗后的织物,其强力都有不同程度的下降,但下降后的强力必须控制在国家规定或客户要求的指标范围内。

九、服装加工技术



制衣设备又称服装机械,系从匹料到服装成品加工过程中所使用的各种机械设备的总称,它包括铺料、衣片样板缩放和排料、裁剪、黏合、衣片传送、缝纫和熨烫等设备。虽然人们穿衣的历史源远流长,但采用机械来加工服装却是在19世纪50年代发明了缝纫机以后的事。缝纫机改变了服装由原来手工缝纫的传统。20世纪以来,陆续出现了其他各种服装机械,使服装生产逐步实现了机械化和自动化。

当前,随着科学技术的迅猛发展和计算机技术及自动控制技术的普遍应用,出现了各种高度自动化的新型制衣设备,从而逐步改变了服装行业的落后面貌。服装的准备工程机械采用光电控制自动齐边、变频调速控制等;服装裁剪设备加速更新,向连续化、自动化方向发展;缝制设备采用全自动微电脑控制,实施机电一体化操作,其功能完善,可适应小批量、多品种的生产要求;绣花机可完成连续绣花,绣花的式样与花型可以连续,从而扩大了绣花范围;缝制吊挂系统实现了机电一体化,服装生产流水线工艺由计算机来控制,利用CAPP(计算机工艺规范)对每工位作业时间与作业情况(包括产量和质量)进行实时控制,每工位之间采用吊挂实施自动传输。这些新设备的应用有利于对服装产品进行结构调整。在服装工业向技术密集型发展中严把质量关,是制作中、高档服装之必需。

(一) 电脑缝制机械

自古以来,服装的缝制都是由手工来完成的,生产效率较低,无法满足大批量生产的要求。电脑控制技术的发展,有力地推动了各类产业技术的进步。自从日本胜家(SINGER)公司于20世纪70年代首次推出电脑控制的多功能家用缝纫机以来,以电脑控制技术应用为主要内容的服装机械、缝纫机械取得了飞速的发展,于80年代初出现了由电脑控制的自动停针、自动剪线、自动拨线、自动倒缝的工业平缝机;80年中期又出现了由电脑控制的自动绣花机;到了90年代,由电脑

控制的缝纫机械品种越来越多,性能也日臻完善,诸如包缝机、套结机、皮革机、高台皮革机、双针机、链缝机、多针机、开袋机、锁眼机、钉扣机等都可用电脑来控制,既提高了缝制的质量,又大大提高了工效和自动化程度,为服装企业实施 CIMS 系统准备了物质基础和技术条件。

(1) 电脑平缝机

该机是在电子技术和电脑控制技术发展基础上形成的机电一体化缝纫机械。它一般采用以单片微处理器为核心的电脑控制系统,除具有自动切线、自动停针、自动拨线、自动倒针等自动辅助操作功能外,还能实现多种式样的重叠缝和程序缝。而电脑控制的机电伺服系统所持有的无级调速、轻柔启动、精确定位、故障自动诊断和显示等性能,也给操作和维修带来极大的方便。电脑平缝机种类繁多,依其控制系统所具有的功能可分为五种,如表 4 所示。

表 4 电脑平缝机种类

类 型	主 要 功 能
三自动电脑平缝机	切线、拨线、回针
五自动电脑平缝机	切线、拨线、回针、起针时回针速度控制方式的选择、收针时回针速度控制方式的选择
多功能电脑平缝机	切线、拨线、回针、起针时回针速度控制方式的选择、收针时回针速度控制方式的选择、式样缝、重叠缝
多功能电脑程序平缝机	切线、拨线、回针、起针时回针速度控制方式的选择、收针时回针速度控制方式的选择、式样缝、重叠缝、程序缝
多功能带外接输入系统的电脑程序平缝机	具备多功能电脑程序平缝机的全部功能,并附带软盘驱动器以扩展机器的缝制功能

电脑平缝机的总体结构如图 2-63 所示。该机由于是具有可变缝速的通用缝纫机种,对于控制系统的某些自动功能既可事先设定,也可随时启动,因此要求系统的布局尽量不改变机器的主要操作部位的外观,还要符合普通缝纫机的操作习惯,以保证使用、调整 and 维修的方便。如果把电脑控制部分的操作盘、CPU 盒和软盘驱动器等均装在机头的左上角,则既美观,又便于操作。先进的电脑平缝机多采用全

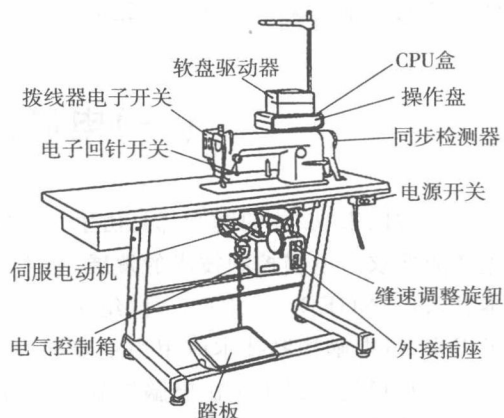


图 2-63 电脑平缝机总体结构示意图

数字矢量交流伺服电动机作为驱动装置,通过脚踏传感器使脚踏动作变量转换为速度指令,以改变伺服电动机的频率与电压,使电动机按照所需的速度旋转,进而驱动缝纫机作业。在速度控制的回路中,以电动机编码器和电流检测器传来的速度和电流信号作反馈控制,并以此来进行矢量控制。停车时,是让电动机减速,接受同步检测器的信号,并根据来自编码器的位置信号进行闭环控制,从而使机针停在规定的位置上。该机具有自动化、智能程序高的特点,对提高生产效率、减轻劳动强度具有特别重要的意义。

(2) 自动开袋机

这是一种比较复杂的机电一体化缝制机械,是继缝纫机由单一缝纫向综合缝纫发展的较典型的机种,也是在一般缝纫机上加装各种辅助件和装置(如送料及送料驱动装置、气动控制的衣料取放装置等)以及电脑控制技术而形成的缝制机械。自动开袋机的总体结构如图 2-64 所示,它由机架部件、电脑控制箱、缝纫机、压缩空气控制部件、压料压脚部件、大压脚送料架、送料驱动装置、衣料折放部件等八部分组成。

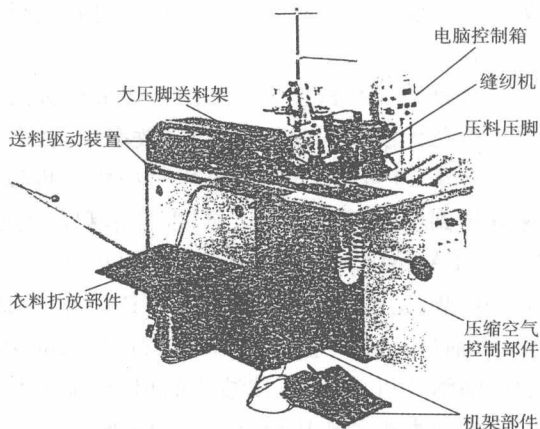


图 2-64 自动开袋机总体结构图

架、送料驱动装置、衣料折放部件等八部分组成。采用单片微处理器作为控制系统的核心,利用 ROM 的扩展性,不仅可存储多种控制程序和线迹长度,而且实现了缝纫机操作的全自动化,具有缝长自动监控、断线自动停机、故障自动显示等功能,除了缝纫动作仍依靠机械传动外,其余主要执行操作均采用了电脑控制下的气动执行机构方式。自动开袋机按其功能有专项功能自动开袋机、多功能自动开袋机和全功能自动开袋机之分。它们都是具有固定周期性动作的专用自动缝纫机种,其全部功能动作内容均被储存在电脑的内存中,通过操作盘进行选择设定,并由计算机控制系统的各执行机构自动完成。缝制一只普通的衣袋,需要机器各个执行机构的协调动作,一般需要由数十个驱动气缸进行程序的协调动作来完成,因而对控制系统的控制方法和控制功能及其适时性、协调性都有较高的要求。控制系统由四部分组成:①计算机系统。它由硬件装置和控制软件两部分组成,硬件装置采用模块结构,每块模块板完成相应的功能,模块板插在相对应的插座上,通过系统总线连成一体,构成一个可以扩展功能的完整的计算机硬件系统,一般是由一块 CPU 基板和 8 块具有其他独立功能的输入、输出基板组成。②操作

盘。它是进行人机对话的窗口,由设定开关、键盘和各种显示器件组成。③执行机构。控制系统的执行机构有两类,一是电动机,二是电磁阀。系统中共有两台电动机,一台是三相交流电动机,其功能是驱动缝纫机,另一台是步进电动机,用于传动螺杆使大压脚送料架部件执行开袋的协调动作。系统中采用电磁阀作为各气动执行机构(气缸)的开关,电磁阀线圈接通达到额定工作电压时,阀门动作,压缩空气便推动气缸杆进而驱动执行机构动作。④传感器。系统中配备了各种各样的传感器(各种形式的接触开关、光电开关、无触点开关等),可将位置和状态等物理量实时地转换为电信号输入电脑进行处理。

(3) 电脑绣花机

这是集高新科技于一体的当代最先进的机电一体化绣花机械,能获得传统的手工绣花无法达到的高速度、高效率以及“多层次、多功能、统一性和完美性”的要求。自从 20 世纪 70 年代单片微型机问世以来,绣花机由机械式、电子绣花机飞速发展到电脑绣花机。当前,以日本和德国制造的电脑绣花机最为有名,如日本田岛(TAJIMA)公司的 TMEFH620 型,百灵达(BARUDAN)公司的 BEMRH-YS-20 型,兄弟(Brother)公司的 BAS-423 型,德国蔡斯克(ZSK)公司的 174-12 型,百福(PFAFF)公司的 KSM221、12/260 型等品牌。我国也有数家企业开发成功电脑绣花机,但在机械结构的用材、加工精度和工艺水平以及控制系统等方面同国外同类机种相比尚有一定的差距。

由于电脑绣花机的每一机型都有机头多少(单头、多头——2~24 头)、机针多少(单针、多针——3~12 针)、绷架形式(板式、筒式)以及线迹形式(锁式线迹——301 线迹、链式线迹——101 线迹)问题,因此,若将其进行组合排列与细化分类,则绣花机机型更多,因而它能满足不同层次、不同规模、不同要求的用户的要求。不论如何,多头电脑绣花机的组成和工作原理基本是相同的,如图 2-65 所

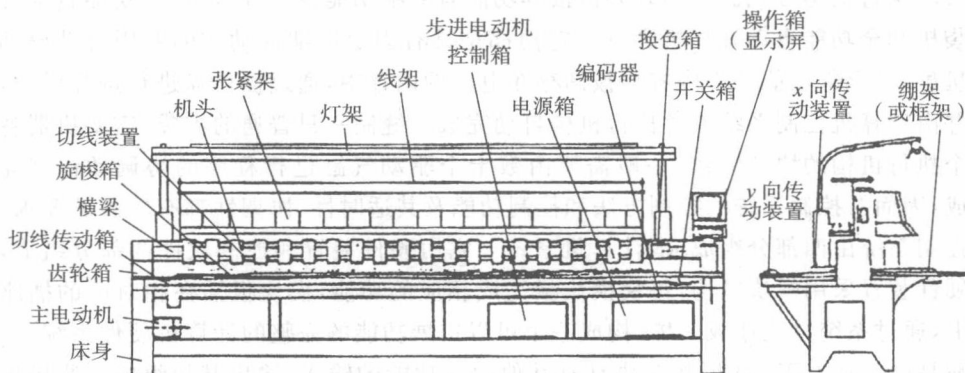


图 2-65 多头电脑绣花机总体组成示意图

示,它由三大系统组成:①绣花机械执行系统;②电脑控制系统;③电脑绣花制版 CAD 系统。由机械执行系统与电脑控制系统组成电脑绣花机整体,而电脑绣花制版 CAD 系统一般作为一个独立的系统,由专业单位开发生产,供电脑绣花机使用。绣花机的运行和各功能的实现受控于电脑控制系统,电脑由存储线路板、信息处理线路板、控制线路板及驱动线路板等组成。绣花机绣花时,运用凸轮挑线,凸轮带动杠杆驱动针杆,采用旋梭勾线,绷架步进送料,以形成锁式线迹,可按照绣花制版 CAD 系统设计的花型、图案、针法完成受控的绣花动作。一般来说,电脑绣花机可完成平绣、手柄绣、圈绣、盘带绣、锯齿绣、挖花绣、绳绣、毛巾绣、圆珠绣、珠片绣、主绣、绗缝绣、链式绣、绒线绣、水溶绣、雕孔榻榻米(席纹针)、旋转榻榻米等多种刺绣。

电脑绣花制版 CAD 系统是利用计算机图形学和计算机辅助设计,将人们设计的图形花样变换为输送给绣花机的信息指令的数据编辑系统。利用该系统所具有的自动处理功能,对图案花样的轮廓主要点和移动线迹进行跟踪,在显示器的屏幕上显示生成线迹,并进行设计和修改绣花线迹的细微部分。然后,将花样指令向纸带或软盘输出,供绣花机使用。

我国深圳开发的电脑绣花 CAD 系统,已达到国际先进水平。电脑绣花 CAD 系统的基本配置如图 2-66 所示。该系统的主要功能与特点如下:①具有完备的针法。该系统的针法有自动单针、手动单针、圆弧、跳线挨针、下针挨针、N 段挨针、挨针自动打底、E 字绣、珠串绣、挨榻榻米、曲线榻榻米、特种榻榻米、雕孔榻榻米、自定义榻榻米等。其他一些系统还具有一些特殊针法,如空针、停针、开雕刀、关雕刀、剪线、开珠片以及多种多样的插针等,可以构成多种漂亮的花型图案。②具有方便而多样的输入方法。③具有实用的多种功能,如毛巾绣、链目绣、水溶布刺绣等,可满足某些特殊的需要。④具有灵活方便的修改功能,可使花样打版师能随心所欲地修改设计。⑤具有全面通用的兼容功能。⑥系统的程序设计具有可移植性和可扩充性,以适应电脑飞速发展的需要。

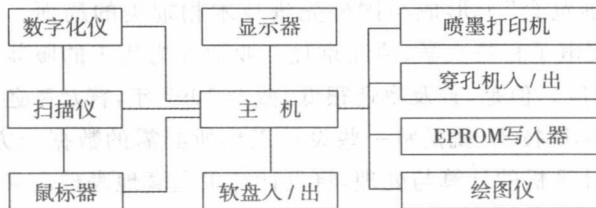


图 2-66 绣花制版 CAD 系统基本配置

(二)服装 CAD 系统

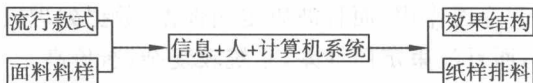
人们追求时装化和个性化的时尚,促进了多品种、少批量、高质量、短周期的服装市场的形成。因此,服装制造业和服装批发零售业为了赢得或占有市场一席之地,纷纷使出绝招,核心便是“快捷”,也就是说,在服装的设计、生产加工、服装市场信息的收集、销售这四个基本环节上要突出一个“快”字。在 20 世纪六七十年代,从面料的采购到成衣制作加工,再到销售,最快也要有 5 个月的时间,而现在工业发达国家从原料采购到成衣销售的平均时间已降到半个月,美国最快的已经降至 4 天。其之所以能如此之快,关键在于采用了当今已日趋成熟的计算机技术和网络技术,服装 CAD 技术就是当代高新技术应用在纺织服装业的重要举措。

早在 20 世纪 70 年代初期,美国率先推出服装 CAD 系统。其后,法国、前苏联、日本、西班牙、德国、英国、意大利和瑞士等国也相继推出了服装 CAD 系统。进入 80 年代,国际上又研制发展了计算机辅助制造系统(CAM)和柔性缝制系统(FMS),从而完善了服装 CAD 和 CAM 系统。进入 90 年代后,计算机信息技术的发展,使整个服装企业的设计、生产、管理综合化,出现了采用计算机集成制造系统(CIMS)的服装企业。近些年来,随着通信网络技术的发展,特别是因特网(Internet)的发展,一个现代服装企业的 CIMS 已成为国际信息高速公路(NII)上的一个网点,这就使一个服装企业的产品信息可以在几分钟或几秒钟之内传输到世界各地。因此,计算机技术和电子通信网络的出现与应用,给服装生产带来了一场前所未有的革命性变化。

我国的服装 CAD 技术虽然起步较晚,但发展速度很快。20 世纪 80 年代初,我国服装业在引进国外先进技术的同时,也积极致力于服装 CAD 技术的开发与研究,在短短的 10 多年间,服装 CAD 系统基本上渗入国内市场,并在最近几届“国际服装机械展览会”上形成与国外先进技术相媲美的局面。其中,以航天部 710 研究所、西安电子科技大学、原北京轻工业学院为代表的服装 CAD 系统已经达到商品化的程度。但是,普及率还很低,截至 1997 年,普及率还只有 2% 左右。

所谓服装 CAD 技术,就是将一些设计工作所必需的数据与方法输入存储到计算机中,通过计算机的计算与处理,将设计结果逼真地表现出来,再由人对其审查、补充与修改,直至达到预期目的和效果。这样,一些复杂和重复性的工作由计算机来完成,而那些判断、选择和创造性强的工作则由人来完成,这就形成了计算机辅助设计系统。

其框架如下图所示:



服装 CAD 系统由硬件和软件两部分组成,包括从服装款式设计到结构设计及裁剪方案设计的全过程。目前,服装 CAD 系统的主要软件功能及相应的系统硬件配置如表 5 所示。

表 5 服装 CAD 系统的主要软件功能及相应的硬件配置

基本软件功能	相应的硬件配置
效果图设计系统	主机、彩色扫描仪、彩色打印机、图形工作端
纸样设计系统	主机、鼠标器或光笔、打印机或绘图机
纸样放缩系统	主机、数字化仪、绘图机
排料图设计系统	主机、鼠标器或光笔、绘图机、图形工作站

(三)计算机辅助人体测量技术(CAT)

这是一项不用接触人体而进行人体测量的高新技术,也是服装 CAT 的第一个环节,CAT 技术发展不仅是服装 CAD 的需要,也是人体体形普查和标准制订、标准人台制作、服装原型设计、人机工学原则、主体裁剪和文体运动研究的需要,因此,国外在 20 世纪 60 年代就开始对其进行研究。至 70 年代初,日本静岡大学利用莫尔拓扑法首先完成了对人体进行三维自动测量的实验。70 年代中期,美国海军航空发展中心采用 X 光扫描对人体进行测量。进入 80 年代,法国利用红外测量系统测量人体尺寸,而日本电气公司则利用激光扫描系统用于人体测量,特别是人的头形的测量。我国在这方面起步较晚,东南大学、东华大学(原中国纺织大学)等一批高等院校及研究院所于 20 世纪 80 年代中后期才进行研究开发,已取得了成功,现正在向实用化方向迈进。

现代非接触式人体测量是借助于计算机辅助人体测量技术来完成的。测量时使用的波段可以分为 X 光、红外光、激光、普通光、微波及超声波等各种可见光和不可见光,以及不同波长的无线电辐射波。借助这些不同波段的测量手段各有优缺点,例如:X 光测量采用穿透式图像重建原理,对人体及衣服有穿透作用,将会产生一定的副作用,而且图像重建较复杂;红外光测量采用人体轮廓投影成像及三维重建原理,对人体无穿透作用,但计算复杂,采集时间长,造价高;激光测量采用人体轮廓投影成像三维重建原理,其定向性好,但数据采集时间长,造价高;

普通光测量采用莫尔拓扑原理,系非穿透式测量,但系统复杂,测量时间长;微波测量对衣服有一定的穿透作用,而且波束定向性差,数据处理较复杂;超声波测量对衣服有穿透作用,而且波束定向性差,系统较复杂,造价高。

(四)排料裁剪的服装计算机辅助制造系统(CAM)

CAM 系统是一项综合性很强的工作,整个系统的技术难度与复杂性均比 CAD 大得多,而且要求很高。该系统要把计算机引入服装生产过程的各个阶段,对生产的全过程实施监视、控制和管理,以提高生产效率,确保产品质量,进一步提高生产过程的自动化水平。服装 CAM 系统的主要功能是:利用计算机辅助设计(CAD)系统的衣片设计和排料的信息,直接跟自动生产制造系统联机作业,或者制成 NC(数字控制)加工指令,并把这些指令制成 NC 磁带、磁卡、磁盘和磁碟机等,以控制服装自动生产制造系统。服装自动生产制造系统的组成部分包括自动裁剪系统、自动缝制系统、自动整烫系统、自动检测系统和自动包装储存系统等。目前国内服装企业应用较多的是衣片自动裁剪系统和样板自动裁割系统。在此,主要介绍衣片自动裁剪系统。

衣片自动裁剪系统按照裁断衣料的方式可分为有接触式自动裁剪机与非接触式自动裁剪机,按照裁剪头的动力形式可分为机械刀、水刀及激光刀。目前,以美国 Gerber 公司、法国 Lectra 公司、西班牙 Inves 公司和德国 Durkopp 公司等生产的自动裁剪机较为有名,技术也较为成熟,推广使用面比较广。我国服装企业使用的 CAD/CAM 系统都是引进的,较多的是引进美国 Gerber 公司的 S-93-7 型自动裁剪机和法国 Lectra 公司的 E95-3 型自动裁剪机。

(五)一步成衣法技术

进入 20 世纪 80 年代,科学家发明了一种真正能够制成“无缝天衣”的高新技术,不用针、不用线、不用裁、不用缝,人们称之为“一步成衣法”。这种高新技术,首先采用泡沫塑料制成各种人体模型,然后将一种特殊的化学纤维溶液用喷头直接喷在人体模型上,待烘干以后,剥落脱模,再用黏合剂黏上纽扣、拉链等各种附件,这样,便制成了一件称心合体的无缝衣服。这种化学纤维溶液,能够配制各种布料和呢料,并可加上颜料,喷制出各种颜色和花纹图案,做成十分美观而又耐穿的服装,可以同仙女的“无缝天衣”相媲美。完全可以相信,随着科学技术的发展,

在不远的将来,当人们到商店购买衣服时,只要采用计算机辅助人体测量技术(CAT)对顾客进行非接触式的各部位尺寸测量,设计师就可根据顾客对花型、款式的要求,采用聚苯乙烯泡沫制造出与顾客身材相仿的模型,然后用多头喷枪喷上各种纤维溶液、颜料和助剂等,待聚合物干燥后脱模,接着按一定部位或线路开口,用黏合剂黏上纽扣、拉链等连接件和各种装饰品。在不到1小时的时间内,顾客就可穿上适体合身的衣服,这就是实实在在的“天衣无缝”!

(六)立体熨烫

最早的熨烫工具是熨斗,它是熨平衣服的金属器具。早在公元8世纪,中国就发明了熨斗,人们把烧红的木炭放在熨斗里,待底部烧热后再用来熨烫丝质衣服。大约在16世纪,荷兰裁缝使用空心的盒式大熨斗,把烧红的铁板从熨斗背后的门放入熨斗,待熨斗底板加热后再熨烫衣服。18世纪最常用的是铁铸的实心熨斗。至1905年,哈夫曼发明了集温度、湿度、压力于一体的熨烫机后,美国人理查德森于1913年把电能转换为热能而发明了电熨斗。1932年,又出现了可调温的电熨斗。1953年,喷雾蒸汽式熨斗问世。近些年来,又出现了立体熨斗。由此可见,服装的熨烫,经历了由压重、火熨斗、电熨斗、电蒸汽熨斗到各种手动、半自动、自动、电脑控制全自动模熨夹熨机(立体整烫机)等逐步发展的历史。

目前,服装企业的熨烫设备是多工序的平面或弧面压烫,存在操作环境差、劳动强度大、生产效率低、耗能大、压烫后的服装容易产生“极光”现象、发生熨烫的“死角”,并缺乏整体效果、立体感和丰满度等缺点。鉴于此,现代化服装企业正开始向快速反应生产系统发展,旧的多工序连续式的平面压烫机已不能适应快速反应的高效生产,只有采用立体熨烫才能与服装立体设计、立体裁剪、立体缝纫、立体包装、立体仓储及运输等新技术配套,这就是所谓制作服装的“六立体”新技术。

立体熨烫始于20世纪70年代,它是采用温度、湿度、压力对服装实现三维熨烫。它与压烫的最大区别是取消了压烫机的夹压力,服装表面与里面,特别是表面不受压力,因而服装表面每根纤维都无倒伏现象,无“极光”现象,而且立体感和丰满度特别好,尤其适合于高档服装的熨烫。能满足立体熨烫工艺要求的有普通型和柜式立体整烫机,如图2-67所示。普通立体整烫机又称人像机,由操作开关、支撑夹板、控制板和箱体组成。在箱体内可置锅炉及排风装置(有的分离于箱体外)。它的内部(指内置锅炉式)主要由蒸汽、空气及其控制系统组成。通常采用6~18 kW的电锅炉蒸汽发生器产生蒸汽,锅炉设有进水和排水功能,有水泵、水位指示器、压力过载安全阀等机械和仪表,以保证蒸汽压力达到0.5兆帕。空

气及其控制系统主要由风机和空气加热器组成。为了使加热的空气达到恒温,配有一套自动控制系统,借助具有一定温度的空气对服装进行冷却、去湿、干燥,完成定形。利用该机完成一件服装的整烫全过程只需 1 分钟左右的时间,效率很高。但是该机也有其不足:第一,该机使用的蒸汽是开放式的,能量不能回收而浪费掉。第二,劳动环境差。第三,送热空气对衣服进行冷却的时间太短,这在一定程度上会影响服装定形的效果。为了克服这些缺点,人们研制成功柜式立体整烫机。它由面板及控制系统、支架、尼龙袋、转位门及箱体组成。在箱体内装有蒸汽发生器及其控制系统、空气加热器及其控制系统、风机及水泵等。其熨烫原理与普通型立体整烫机相同。

采用立体整烫机进行服装的立体整烫工艺,讲究的是服装整体造型,它具有以下特点:①可缩短熨烫的辅助时间,一般可提高生产效率 30%~35%。如果采用模烫压熨机熨烫一件西服上装,则一般需要 12 台配套设备才能完成对西服的胖肚、瘪肚、双肩、门襟、里襟、侧缝、后背、驳头、领子、领头、袖窿及袖山等 12 个工序的整烫工艺。若采用立体整烫,只需一台整烫机和一台功能烫台,用三道工序便可完成西服上装的整烫,生产效率非常高。②立体整烫机适用面很广,特别讲究整体造型。它广泛用于服装厂成衣首次整体造型、洗衣店洗涤服装后继整体造型和百货商场的服装整形。适合整烫的服装有西服、牛仔服、裙子、羽绒服、大衣、女时装以及针织面料的各类服装,论其整烫效果,以毛呢类、绒类服装、皮革服装、裘皮服装以及丝绸面料服装为最好。③服装加工厂进行立体熨烫时,一般只需一台立体整烫机即可,最多再配备一台多功能熨烫台或压烫机,用以作为立体整烫机熨烫平直挺括度欠佳时的补充。因此,采用主体熨烫省机器,占地少,能耗小。特别是柜式立体整烫机采用全封闭式结构,蒸汽不外泄,操作方便,劳动环境改善,劳动强度降低。④自动化程度高,控制实行电脑化,服装立体整烫设备配线化,因而立体整烫工艺质量好。

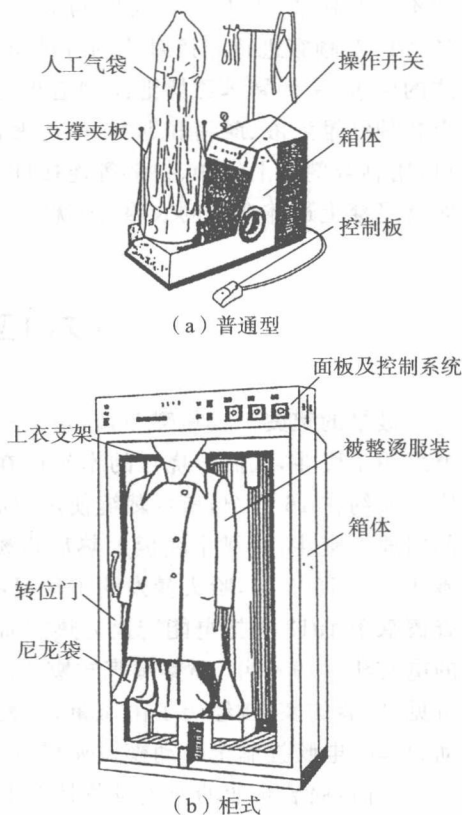


图 2-67 立体熨烫机示意图

参考文献

- [1]杜燕孙. 国产植物染料染色法[M]. 上海:商务印书馆,1950.
- [2]上海纺织科学研究所. 长沙马王堆一号汉墓出土纺织品研究[M]. 北京:文物出版社,1980.
- [3]周匡明. 蚕业史话[M]. 上海:上海科学技术出版社,1983.
- [4]李仁溥. 中国古代纺织史稿[M]. 长沙:岳麓书社,1983.
- [5]陈维稷. 中国纺织科学技术史[M]. 北京:科学出版社,1984.
- [6]罗瑞林,刘柏茂. 中国丝绸史话[M]. 北京:纺织工业出版社,1986.
- [7]朱新予. 中国丝绸史(通论)[M]. 北京:纺织工业出版社,1992.
- [8]曾德福,余建之. 纺织发明概览[M]. 北京:纺织工业出版社,1993.
- [9]朱新予. 中国丝绸史(专论)[M]. 北京:纺织工业出版社,1997.
- [10]何堂坤,赵丰. 中华文化通志·纺织与矿冶志[M]. 上海:上海人民出版社,1998.
- [11]狄剑锋. 新型纺织产品开发[M]. 北京:中国纺织出版社,1998.
- [12]赵承泽. 中国科学技术史·纺织卷[M]. 北京:科学出版社,2002.
- [13]查尔斯·辛格. 技术史[M]. 上海:上海科技教育出版社,2004.
- [14]季国标,梅自强,周翔,邢声远. 黄道婆走进现代纺织大观园——纺织新技术、新工艺和新设备[M]. 北京:清华大学出版社,2002.
- [15]黄能馥,陈娟娟. 中国丝绸科技艺术七千年[M]. 北京:中国纺织出版社,2002.
- [16]郁铭芳,孙晋良,邢声远,季国标. 纺织新境界——纺织原料与纺织品应用领域新发展[M]. 北京:清华大学出版社,2002.
- [17]邢声远. 纺织新材料及其识别(第二版)[M]. 北京:中国纺织出版社,2010.
- [18]赵翰生. 轻纨叠绮烂生光[M]. 深圳:海天出版社,2012.
- [19]李强,李斌,李建强. 对英国工业革命时期纺织机械发明传统观点的再解读[J]. 丝绸,2014 [6].

[General Information]

书名=大众纺织技术史

作者=赵翰生，邢声远，田方著

页数=253

SS号=13790986

DX号=

出版日期=2015.08

出版社=山东科学技术出版社

封面

书名

版权

前言

目录

上篇 史前至18世纪的纺织技术

一、概述

二、主要纺织原料及制取技术

(一) 蚕丝纤维的起源、制取及传播

1. 蚕丝纤维的起源

2. 蚕丝纤维的制取

3. 丝绸及其技艺的外传

(二) 动物毛纤维的利用及制取

1. 动物毛纤维的种类

2. 羊毛纤维的制取

(三) 植物纤维的种类及制取

1. 植物纤维的种类

2. 麻纤维的制取

3. 棉纤维的制取

三、缫、纺机具

(一) 缫丝机具

(二) 纺纱机具

1. 纺坠

2. 手摇纺车和脚踏纺车

3. 多锭大纺车

4. 大型丝纺车

5. 珍妮纺纱机

6. 欧洲水力纺纱机

四、织造机具

(一) 原始织机

(二) 踏板织机

(三) 立织机

(四) 多综多踞纹织机

(五) 花楼提花机

- (六) 飞梭装置的发明
- (七) 自动提花机的发明
- (八) 动力织布机的应用
- (九) 络纱和整经机具

五、染整工艺技术

- (一) 精练技术
 - 1. 丝的精练
 - 2. 麻的精练
 - 3. 棉的精练
- (二) 染色技术
 - 1. 矿物颜料
 - 2. 植物染料
 - 3. 石染和草染
- (三) 印花技术
 - 1. 型版印花
 - 2. 蜡缬和绞缬
- (四) 后整理技术
 - 1. 平挺整理
 - 2. 研光整理
 - 3. 涂层整理

六、古代丝织品

- (一) 绢类织物
- (二) 纱罗类织物
- (三) 绫类织物
- (四) 缎类织物
- (五) 绒类织物
- (六) 锦类织物
- (七) 缣丝

下篇19、20世纪的纺织技术

一、概述

二、纤维的种类

- (一) 天然纤维
 - 1. 植物纤维
 - 2. 动物纤维

（二）化学纤维

三、纺纱技术

（一）前纺技术

1. 清梳联合机
2. 自调匀整装置

（二）成纱技术

1. 转杯纺纱（气流纺纱）
2. 自捻纺纱
3. 涡流纺纱
4. 喷气纺纱
5. 摩擦纺纱（尘笼纺纱）
6. 赛络纺纱
7. 平行纺纱
8. 静电纺纱
9. 轴向纺纱
10. 赛络菲尔纺
11. 缆型纺
12. 紧密纺

（三）后纺技术

1. 全自动络筒机
2. 电子清纱器
3. 纱线捻接器
4. 倍捻机

四、机织技术

（一）织前准备

1. 浆纱机
2. 自动接经机
3. 自动穿经机

（二）传统织机技术的发展

1. 自动织机
2. 双层起绒织机
3. 自动换纤织机
4. 挖花织机
5. 自动换梭织机

6. 电子提花织机

(三) 新型织造技术

1. 剑杆织机
2. 片梭织机
3. 喷气织机
4. 喷水织机
5. 多梭口织机
6. 三向织机
7. 织编机

五、针织技术

- (一) 无针编织技术
- (二) 可编织长短线圈的针织圆机
- (三) 电子选针圆纬机
- (四) 电脑横机
- (五) 一步法成型的电脑袜机
- (六) “织可穿”的毛衣一步法成衣
- (七) 三维编织机
- (八) 无机头电脑横机
- (九) 多轴向经编机

六、非织造布技术

七、纺织品

- (一) 纱线产品
 1. 花色纱线
 2. 花式纱线
 3. 变形纱线
 4. 弹力纱线
- (二) 织物产品
 1. 棉织物产品
 2. 丝织物产品
 3. 毛、麻织物产品
 4. 针织产品
- (三) 生态纺织品

八、染整技术

- (一) 人工合成染料

（二）染色技术

1. 超声波染色
2. 贵金属超微粒子染色
3. 微波染色
4. 超临界二氧化碳流体染色
5. 磁性染色

（三）印花

1. 滚筒印花
2. 全自动平网印花
3. 转移印花
4. 印花复印机
5. 喷墨印花
6. 发泡立体印花

（四）计算机在印染行业中的应用技术

1. 电子分色制版技术
2. 计算机测色配色系统

（五）后整理技术

1. 纯棉织物免烫整理
2. 丝光整理
3. 织物阻燃整理
4. 抗菌防臭整理
5. 涤纶仿真丝绸碱减量整理
6. 涂层整理
7. 丝绸砂洗整理

九、服装加工技术

（一）电脑缝制机械

（二）服装CAD系统

（三）计算机辅助人体测量技术（CAT）

（四）排料裁剪的服装计算机辅助制造系统（CAM）

（五）一步成衣法技术

（六）立体熨烫

参考文献